



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**DIFERENTES ESTRATÉGIAS ADESIVAS PARA O SISTEMA
ADESIVO OPTIBOND FL – UM ESTUDO DE
MICROINFILTRAÇÃO**

Trabalho submetido por
Catarina Isabel Amaral Mendes
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2018



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**DIFERENTES ESTRATÉGIAS ADESIVAS PARA O SISTEMA
ADESIVO OPTIBOND FL – UM ESTUDO DE
MICROINFILTRAÇÃO**

Trabalho submetido por
Catarina Isabel Amaral Mendes
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Profª. Doutora Alexandra Pinto

e coorientado por
Profª. Doutora Inês Caldeira

setembro de 2018

Agradecimentos

À Professora Alexandra Pinto pela orientação, dedicação e tranquilidade transmitida durante na concretização desta investigação.

À Professora Inês Caldeira Fernandes pelas sugestões de melhoria desta tese.

À Mestre Inês Carpinteiro pelas explicações e sugestões logo no início deste estudo.

À Professora Ana Mano Azul pela capacidade de tornar as aulas de Dentisteria Restauradora em momentos mais agradáveis e descontraídos, despoletando, assim, o gosto por esta vertente.

Ao Professor José João Mendes pelas palavras de conforto numa altura em que a tese ainda se vislumbrava algo temeroso.

Ao Professor João Rua pelas oportunas sugestões numa altura em que ainda não vislumbrava “a luz ao fundo do túnel”.

À 3M ESPE pela cedência das resinas compostas para a execução deste estudo.

Ao Professor Luís Proença pela contribuição dada na análise e interpretação estatística dos resultados.

Ao corpo docente do Instituto Universitário Egas Moniz pela formação proporcionada neste percurso académico.

Ao Colégio St. Peter's International School pelos princípios de rigor, responsabilidade, disciplina e método de estudo transmitidos.

Aos meus pais, Isabel e José David, pelo inextinguível apoio prestado ao longo do meu percurso académico.

À minha irmã, futura médica, pela disponibilidade incondicional que manifestou no esclarecimento de algumas dúvidas nos primeiros anos do curso.

Aos restantes membros da minha enorme família, por todo o apoio e incentivo transmitido ao longo dos anos.

Ao grupo de amigas, Beatriz Neta, Ezaltina Marques, Laura Amorim, Mariana Quartel, Tatiana Farinha pelos incentivos transmitidos.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a microinfiltração das interfaces adesivas obtidas através de diferentes estratégias adesivas no esmalte e na dentina.

Materiais e Métodos: 40 dentes humanos hígidos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos e em todos eles foram efetuadas preparações cavitárias classe V por vestibular e lingual/palatino. Posteriormente foram restaurados com resina composta microhíbrida (Filtek Z250) com recurso a quatro estratégias adesivas diferentes. Grupo A: Optibond FL - *etch-and-rinse* de três passos (n=10); Grupo B: Optibond FL – sem aplicação prévia do ácido ortofosfórico (n=10); Grupo C: Clearfil SE Bond 2 - *self-etch* de dois passos (n=10); Grupo D: Clearfil SE Bond 2 - *selective enamel etching* (n=10). Posteriormente, foram mergulhados em água destilada onde permaneceram durante 24 horas na estufa a 37°C. Aplicou-se verniz com uma margem de 1 mm em torno das restaurações. De seguida, foram submersas numa solução de fucsina básica 0,5% durante três horas. Por fim, com recurso à lupa estereoscópica foi avaliado em cada grupo o nível de microinfiltração numa escala de 0 a 3. A análise estatística descritiva e inferencial foi efetuada com recurso ao teste de Mann-Whitney com um nível de significância de 5%.

Resultados: Nos grupos A e D não se registou qualquer microinfiltração quer na parede oclusal quer na parede cervical; nos grupos B e C registaram-se três microinfiltrações de grau 1 em cada grupo, na parede oclusal, enquanto na parede cervical não ocorreu qualquer microinfiltração. O resultado da comparação revelou que não existem diferenças significativas do grau de microinfiltração marginal entre os grupos B e C ($p = 1,00 > 0,05$).

Conclusão: A eficácia das estratégias utilizadas é similar. Sem envelhecimento não faz sentido aferir a capacidade do monómero ácido GPDM em substituir o papel do ácido no esmalte. Na dentina este monómero torna o ácido dispensável.

Palavras-chave: Microinfiltração; *Etch-and-rinse*; *Self-etch*; Esmalte; Dentina; GPDM.

ABSTRACT

Purpose: Evaluate the microleakage of adhesive interfaces obtained using different adhesive strategies on enamel and dentin.

Materials and Methods: 40 healthy human teeth were randomly divided into four groups; in all of them class V cavities were prepared on buccal and lingual surfaces. After that, they were restored with microhybrid composite resin (Filtek Z250) using four different adhesive strategies. Group A: Optibond FL - three step etch-and-rinse (n=10); Group B: Optibond FL - without prior application of orthophosphoric acid (n=10); Group C: Clearfil SE Bond 2 - two steps self-etch (n=10); Group D: Clearfil SE Bond 2 - selective enamel etching (n=10). Then the teeth were stored in distilled water for 24 hours in the oven at 37°C. Nail varnish was applied to all samples with a margin of 1 mm around the restorations. Subsequently, they were immersed in a basic fuchsin solution 0,5% for three hours. Finally, using the stereoscopic magnifier, the level of microleakage was scored on a 0 to 3 ordinal scale. Descriptive and inferential statistical analysis was performed using the Mann-Whitney test under a significance level of 5%.

Results: In groups A and D, there was no microleakage in both the occlusal and cervical walls; in groups B and C, three grade 1 microleakage were recorded in each group on the occlusal wall, while no microleakage occurred in the cervical wall. The result of comparison between groups B and C revealed that there are no significant differences in the degree of marginal microleakage ($p = 1,00 > 0,05$).

Conclusions: The effectiveness of the strategies used is similar. Without aging it does not make sense to evaluate the ability of the acidic monomer GPDM to replace the role of the acid in the enamel. In dentin, this monomer allows to dispense the acid.

Key-words: Microleakage; Etch-and-rinse; Self-etch; Enamel; Dentin; GPDM.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	13
1. Caraterização dos tecidos dentários: esmalte e dentina.....	14
1.1. Caraterísticas do Esmalte.....	14
1.2. Caraterísticas da Dentina	15
2. Mecanismos de adesão em Dentisteria	17
2.1. Composição dos sistemas adesivos.....	18
2.2. Adesão ao esmalte	20
2.3. Adesão à dentina	20
3. Sistemas adesivos e sua classificação	23
3.1. Sistemas <i>etch-and-rinse</i>	24
3.2. Sistemas <i>self-etch</i>	26
3.3. Sistemas Multimodo	28
4. Influência do monómero GPDM na eficácia adesiva	30
5. Microinfiltração das interfaces adesivas	33
5.1. Conceito, causas e consequências.....	33
5.2. Avaliação da microinfiltração	34
II. OBJETIVO	35
III. HIPÓTESES DE ESTUDO	35
IV. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
1. Método de seleção, limpeza e armazenamento dos dentes.....	37
2. Materiais.....	38
3. Métodos	39
3.1 Protocolo de preparação dos grupos	39
V. RESULTADOS.....	47
1. Análise dos resultados	53
VI. DISCUSSÃO	55
VII.CONCLUSÕES	61
Relevância Clínica	61
Perspetivas Futuras.....	62
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	63
IX. ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Composição do esmalte e da dentina em volume (Adaptado de Jorge Perdigão, Edward J. Swift, Jr. And Ricardo Walter, 2015).....	16
Figura 2 - Classificação das diversas estratégias adesivas (Adaptado de Sezinando, 2014).	23
Figura 3 - Adesão da resina à dentina utilizando a técnica adesiva <i>etch-and-rinse</i> (Adaptado de Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, 2013) 25	
Figura 4 – Estrutura molecular do monómero GPDM (Adaptado de Yoshihara, 2018).	32
Figura 5 - Preparação de cavidade com broca cilíndrica diamantada 014.	39
Figura 6 – Medição da cavidade com régua endodôntica.	39
Figura 7 - Lavagem das cavidades com água corrente.....	40
Figura 8 – Remoção de excessos de água com jacto de ar.	40
Figura 9 – Aplicação do sistema adesivo Optibond™ FL.	41
Figura 10 – Polimento com disco de polimento.	43
Figura 11 – Polimento com borracha de polimento.	43
Figura 12 - Estufa Memmert INE 400 (Memmert, Alemanha).....	43
Figura 13 - Aplicação do verniz (LA LUXE, Paris) em torno das restaurações com 1mm de margem.	44
Figura 14 - Micróto mo de tecidos duros Accutom-50 (Struers A/S, Ballerup, Dinamarca).	44
Figura 15 – Corte longitudinal no micrómetro de tecidos duros.....	44
Figura 16 - Dentes cortados longitudinalmente.....	45
Figura 17 - Lupa estereoscópica Leica MZ6 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha)	47
Figura 18 – Imagens obtidas a partir da lupa.	47
Figura 19 – Gráfico representativo do grau de microinfiltração verificado nas paredes das restaurações dos vários grupos.	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos grupos de acordo com o sistema adesivo / estratégia adesiva utilizada.	37
Tabela 2 – Lista de materiais utilizados.	38
Tabela 3 – Protocolo de preparação do grupo A	40
Tabela 4 – Protocolo de preparação do grupo B.....	41
Tabela 5 – Protocolo de preparação do grupo C.....	42
Tabela 6 - Protocolo de preparação do grupo D.....	42
Tabela 7 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo A.....	48
Tabela 8 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo B.....	48
Tabela 9 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo C.....	49
Tabela 10 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo D.....	49
Tabela 11 - Resultados do grau de infiltração nos diferentes grupos estudados na parede cervical.	50
Tabela 12 - Resultados do grau de infiltração nos diferentes grupos estudados na parede oclusal.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS

BHT – Butylhydroxytoluene (Butil-hidroxitolueno - inibidor)

Bis-EMA – Bisphenol A polyethylene glycol diether dimethacrylate (Bisfenol-A-polietileno glicol dimetacrilato)

Bis-GMA – Bisphenol A-glycidyl methacrylate (Bisfenol -A- glicidil metacrilato)

CL – Clearfil SE Bond 2

CQ – Camphorquinone (Canforoquinona)

GDMA – Glycerol dimethacrylate (Glicerol dimetacrilato)

GPDM – Glycerol phosphate dimethacrylate (Glicerol fosfato dimetacrilato)

HAp – Hydroxyapatite (Hidroxiapatite)

HEMA – 2-hydroxyethylmethacrylate (2-hidroxietil metacrilato)

JAD – Junção amelo-dentinária

JAC – Junção amelo-cementária

MMEP – Mono-2-methacryloyloxyethyl phthalate (Ftalato de metacriloiloxietil)

mm – milímetro

mW/cm² – miliwatt por centímetro quadrado

ODMAB – 2-(ethylhexyl)-4-(dimethylamino)benzoate (Amina alifática - iniciador)

OFL – Optibond FL

TEGDMA – Triethulene glycol dimethracrylate (Trietilenoglicol dimetacrilato)

UDMA – Urethane dimethacrylate (Uretano dimetacrilato)

4-MET – 4-methacryloyloxyethyl trimellitate (4-ácido trimelítico metacriloiloxietil)

10-MDP – 10 – methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10 - Metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato)

TEM – Transmission Electron Microscopy

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a Dentisteria Operatória é dominada, em termos de material restaurador, pelas resinas compostas, cuja grande evolução nos últimos anos possibilitou a sua aplicação em vários domínios: restaurações definitivas e provisórias, fundos cavitários, selantes de fossas e fissuras, *inlays*, *onlays* e cimentação quer ortodôntica quer na especialidade da endodontia (Ferracane, 2011).

O principal requisito de uma restauração adesiva é promover um selamento perfeito entre o material restaurador e o substrato dentário, seja ele esmalte ou dentina. Contudo, esta é uma tarefa difícil de alcançar uma vez que os substratos dentários apresentam diferentes características histológicas e, por isso, um comportamento diferenciado perante os sistemas adesivos, o que se traduz numa barreira a ser transposta (Pashley et al., 2011).

Como o selamento eficaz da restauração é considerado o fator que mais contribui para a longevidade da restauração, também se tem assistido a uma grande evolução ao nível das estratégias adesivas e dos respetivos sistemas adesivos, sendo o atual desafio, neste domínio, promover uma adesão à dentina com uma eficácia e durabilidade idêntica à que se consegue no esmalte (R. M. Carvalho, Manso, Geraldeli, Tay, & Pashley, 2012).

Não obstante a referida evolução, a maioria dos sistemas adesivos não garante a eliminação total da microinfiltração, resultando no aparecimento de lesões de cárie secundária, pigmentação marginal e inflamação pulpar (Cobanoglu, Kara, Unlu, & Ozer, 2015).

Por outro lado, a Dentisteria Operatória pretende encontrar soluções que respondam à preocupação estética por parte do paciente, que sejam pouco invasivas e minimizem a sensibilidade pós-operatória. Neste contexto, continua a ser necessário avaliar, em termos de microinfiltração, a eficácia das estratégias adesivas que vão surgindo (Coelho, Canta, Martins, Oliveira, & Marques, 2012).

Sendo o objetivo deste trabalho avaliar a microinfiltração das interfaces adesivas obtidas através de diferentes estratégias adesivas aos substratos dentários, esmalte e dentina, será apresentada uma caracterização destes substratos e uma descrição dos vários sistemas adesivos e das suas especificidades face às diferentes características daqueles substratos.

1. Caraterização dos tecidos dentários: esmalte e dentina

1.1. Caraterísticas do Esmalte

O esmalte é o tecido que constitui a camada mais externa do dente, revestindo a coroa anatómica da estrutura dentária, sendo caraterizado por uma elevada rigidez - o tecido mais resistente do corpo humano - devido à sua intensa mineralização. Apresenta uma espessura que varia consoante a localização no dente, sendo máxima na zona oclusal, onde apresenta cerca de 2 mm, tornando-se menor à medida que se aproxima da porção cervical, sendo inexistente na junção amelo-cementária (JAC) (Boushell & Sturdevant, 2013; Creeth et al., 2017).

O esmalte é constituído essencialmente por matéria mineral, cerca de 96% do seu volume, maioritariamente cristais de hidroxiapatite. Os restantes 4% do volume correspondem a matéria orgânica - proteínas da matriz - e água, que preenche os espaços entre os cristais (Boushell & Sturdevant, 2013; Kunin, Evdokimova, & Moiseeva, 2015; Creeth, 2017).

A estrutura do esmalte caracteriza-se por apresentar uma grande quantidade de cristais prismáticos mineralizados, bem organizados, em toda a sua espessura. Estes apresentam uma orientação quase horizontal a nível cervical, tornando-se cada vez mais verticais na aproximação às cúspides do dente (Nanci, 2013).

Apesar da sua estrutura dura e densa, o esmalte apresenta permeabilidade a alguns iões e moléculas, a qual tende a diminuir ao longo dos anos devido à alteração da sua matriz - processo denominado por maturação do esmalte (Boushell & Sturdevant, 2013; Creeth et al., 2017).

Uma vez danificado, o esmalte não tem capacidade de se autorregenerar pelo facto de os ameloblastos degenerarem após a formação dos cristais prismáticos (Boushell & Sturdevant, 2013). Quando exposto a um meio ácido, este tecido dentário torna-se solúvel, manifestando uma dissolução mais intensa ao nível da junção amelo-dentinária (JAD) e menos intensa à superfície (Boushell & Sturdevant, 2013).

1.2. Caraterísticas da Dentina

A dentina é um tecido conjuntivo mineralizado que forma o corpo do dente, encontrando-se recoberta pelo esmalte na sua porção coronária e pelo cemento na sua porção radicular (Boushell & Sturdevant, 2013; Creeth, 2017).

A dentina é um complexo de cristais de hidroxiapatite que se encontram embebidos na matriz colagénica, responsável pelo seu suporte, e dispostos de forma desorganizada, ao contrário do que acontece no esmalte (Pashley et al., 2011; Boushell & Sturdevant, 2013; Nanci, 2013).

Este substrato apresenta uma estrutura tubular, pois é atravessado por múltiplos túbulos que se estendem radialmente da polpa até à JAD e à JAC, os quais são responsáveis pela comunicação com a polpa dentária (Pashley et al., 2011; Boushell & Sturdevant, 2013; Nanci, 2013).

O interior dos túbulos, de diâmetro entre 2 e 4 micrómetros, encontra-se preenchido com fluído e prolongamentos citoplasmáticos dos odontoblastos localizados na periferia da polpa (Pashley et al., 2011; Boushell & Sturdevant, 2013; Nanci, 2013). Quando a dentina fica exposta a estímulos, o fluído movimenta-se em qualquer direção estimulando os nervos presentes em torno dos prolongamentos odontoblásticos no interior dos túbulos ou ao nível da transição pulpo-dentinária, causando a sensação de dor (Fraga Silva & Ginjeira, 2011).

Na dentina podem considerar-se dois tipos de permeabilidade. A permeabilidade tubular - permeabilidade transdentinária - e a permeabilidade da matriz dentinária - permeabilidade intradentinária. A permeabilidade transdentinária expressa a capacidade de passagem de substâncias até à polpa através dos túbulos dentinários conforme movimento do fluido dentinário, sendo responsável pela ocorrência de sensibilidade dentinária. A permeabilidade intradentinária traduz a capacidade de difusão de substâncias, como os monómeros adesivos, quer pela dentina intertubular que compõe a matriz dentinária, quer por entre as fibras de colagénio que contornam os túbulos dentinários após o seu condicionamento ácido, que dá origem à formação da camada híbrida e aos prolongamentos resinosos (Vinagre, 2014). Este tema será retomado mais à frente.

A dentina é constituída, em volume, por 50% de matéria mineral (cristais de hidroxiapatite), 30% de matéria orgânica (maioritariamente fibras de colagénio, proteínas

e lípidos que formam a matriz) e 20% de água, no entanto, esta distribuição é desigual o que confere heterogeneidade à dentina (Jorge Perdigão, 2007; Boushell & Sturdevant, 2013; Perdigão, Geraldini & Hodges, 2013; Mazzoni et al., 2015). De facto, como os odontoblastos produzem a matriz orgânica à medida que se deslocam para o interior, na direção da polpa, os túbulos, devido à menor área de superfície dentinária junto à câmara pulpar, são forçados a ficarem mais juntos na aproximação a esta região (Boushell & Sturdevant, 2013; Creeth, 2017). Assim, a distribuição radial dos túbulos faz com que a região mais superficial da dentina seja constituída predominantemente por dentina intertubular e a região mais próxima da polpa à base de dentina intratubular - dentina da parede dos túbulos - mais mineralizada do que a dentina intertubular (Vinagre, 2014).

A Figura 1 ilustra, em termos relativos de volume, a composição do esmalte e da dentina.

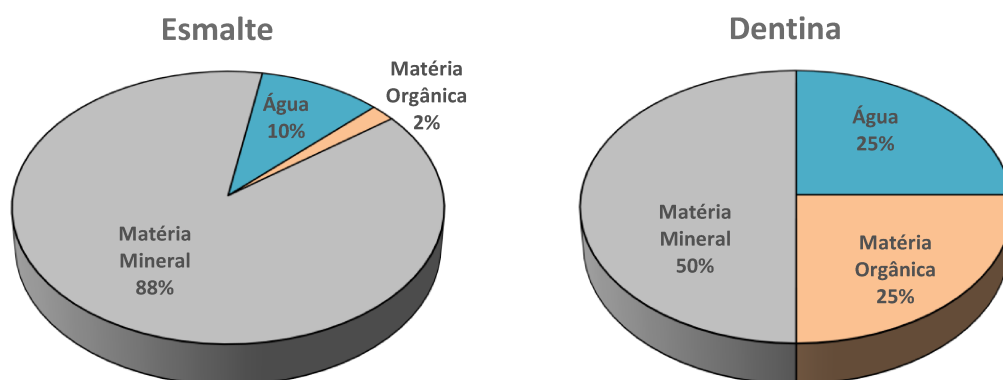


Figura 1 - Composição do esmalte e da dentina em volume (Adaptado de Jorge Perdigão, Edward J. Swift, Jr. And Ricardo Walter, 2015)

A dentina sofre alterações durante toda a vida o que conduz ao aumento do seu teor mineral, com consequente aumento da sua espessura, e à redução da sua permeabilidade (Boushell & Sturdevant, 2013; Sezinando, 2014).

A dentina madura, apesar de ser dura - é o segundo tecido mais duro do organismo, com dureza inferior à do esmalte e superior à do osso -, apresenta alguma elasticidade devido ao elevado teor em água e matéria orgânica (Pashley et al., 2011; Sezinando, 2014). Esta elasticidade da dentina permite colmatar a fragilidade do esmalte. De facto, a predominante constituição em matéria mineral do esmalte torna-o um tecido com elevada rigidez, logo quebradiço, necessitando de outro tecido com alguma elasticidade para o coadjuvar no suporte e na absorção do impacto das forças mastigatórias (Boushell & Sturdevant, 2013).

2. Mecanismos de adesão em Dentisteria

Em Dentisteria, adesão corresponde ao estabelecimento de uma ligação eficaz e homogênea entre substratos de natureza diferente, um tecido dentário (esmalte ou dentina) e um aderente (resina composta), formando-se uma interface adesiva que os mantenha em contacto (B. Van Meerbeek et al., 2011; Sezinando, 2014).

Esta união que se estabelece entre o substrato dentário e o aderente, que pode ser de natureza química ou mecânica, é proporcionada por um sistema adesivo (Marshall, Bayne, Baier, Tomsia, & Marshall, 2010).

Em 1955, Buonocore introduziu o conceito de condicionamento ácido na superfície do esmalte dentário, através da utilização de ácido ortofosfórico a 85%, com o intuito de criar microrretenções que possibilitassem a adesão das resinas compostas e, assim, fortalecer a ligação entre o substrato esmalte e o material restaurador (Sezinando, 2014).

Esta técnica propiciou mudanças significativas na forma de tratamento restaurador de dentes com lesão de cárie e/ou de fraturas e está na base dos atuais sistemas adesivos, que se baseiam numa componente mecânica e, mais recentemente, também numa componente química (Sezinando, 2014; Yoshihara et al., 2018).

O mecanismo de adesão mecânica da resina aos substratos dentários duros - esmalte e dentina – envolve duas fases: remoção de matéria inorgânica (fosfatos de cálcio) daqueles tecidos formando-se microporosidades nas suas superfícies; infiltração de monómeros da resina adesiva nas microporosidades criadas, seguida da sua polimerização, promovendo, assim, uma adesão por retenção micromecânica (Yasuhiro Yoshida & Inoue, 2012; Sezinando, 2014).

No entanto, aposta-se cada vez mais num reforço da adesão clínica através de uma adesão química adicional proporcionada por monómeros funcionais que se adicionam ao sistema adesivo, como o 10-MDP. Estes monómeros vão estabelecer ligações químicas com os componentes do substrato dentário tornando a adesão um fenómeno para além de mecânico, também químico, aumentando a longevidade da interface adesiva (Zeidan et al., 2016; Yoshihara et al., 2018).

De seguida apresentam-se, de forma sucinta, os conceitos associados ao processo adesivo nos tecidos dentários - esmalte e dentina - e os sistemas adesivos existentes.

2.1. Composição dos sistemas adesivos

A composição dos sistemas adesivos é independente do tipo destes, pois cada uma das suas componentes possui funções específicas no processo de adesão. Qualquer sistema adesivo é composto por componentes acídicos, um *primer* e um adesivo (resina adesiva) (Jorge Perdigão, 2007; Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007; K. L. Van Landuyt et al., 2008; Marshall et al., 2010).

O componente ácido tem como função desmineralizar a superfície dos substratos dentários e atuar sobre a *smear layer*, criando microporosidades que facilitam a ligação ao adesivo (Perdigão, Swift, Walter, 2013). A *smear layer* é uma camada aderente de detritos calcificados que se forma na superfície dos tecidos duros dos dentes durante a sua instrumentação. É, pois, constituída por detritos de matéria orgânica residual (de processos odontoblásticos) e de restos de esmalte e dentina que resultam da atuação dos instrumentos, principalmente rotativos, no esmalte e na dentina (Wagner, Wendler, Petschelt, Belli, & Lohbauer, 2014). No caso da dentina, estes detritos penetram nos seus túbulos formando uma barreira física que reduz 86% a permeabilidade desta (Pashley, 2013; Boushell & Sturdevant, 2013). De modo a permitir um contacto direto entre os monómeros das formulações adesivas e a superfície dentária aquela barreira tem de se tornar permeável ou ser dissolvida. Isto é conseguido através da aplicação de um componente ácido (Jorge Perdigão, 2007).

O *primer* é o componente do sistema adesivo responsável por despoletar o processo de formação da camada híbrida, sendo composto por monómeros e solventes. Os seus monómeros infiltram-se entre as fibras de colagénio expostas, ocupando os espaços criados pela desmineralização da dentina pelo condicionamento ácido, retirando a água que por lá se encontra. Estes monómeros possuem uma porção hidrofílica com capacidade de se ligar ao colagénio da dentina (substrato dentinário húmido) e uma porção hidrofóbica com afinidade para se ligar aos monómeros hidrofóbicos da resina adesiva (Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007).

Para tornar a infiltração dos monómeros do *primer* nos substratos dentários um processo mais eficiente, estes monómeros são dissolvidos por solventes que se adicionam ao *primer*. Os solventes orgânicos, como o etanol e a acetona, têm como função facilitar a infiltração dos monómeros entre as fibras de colagénio da dentina após a sua desmineralização. Estes solventes removem a água contida nas fibras de colagénio e na superfície da dentina, facilitando a infiltração dos monómeros do *primer* neste substrato,

comportando-se, assim, como meros transportadores de monómeros (Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007; K. L. Van Landuyt, Snauwaert, et al., 2008). Quando ocorre desidratação intensa da dentina, por secagem excessiva desta, as suas fibras de colagénio colapsam sendo necessário recorrer a *primers* com água como solvente (solvente inorgânico) de forma a regenerá-las (K. L. Van Landuyt, Snauwaert, et al., 2008; Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007). Portanto, os solventes têm como função reduzir a viscosidade do adesivo e melhorar a sua molhabilidade (capacidade de um líquido em formar uma interface numa superfície sólida), aumentando o poder de infiltração e difusão do adesivo nos substratos dentários (Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007; Pashley et al., 2011).

O *primer* mais utilizado nos sistemas adesivos contém o monómero HEMA (2-hidroxietil metacrilato) de baixo peso molecular. Este monómero, graças à sua capacidade hidrofílica e à sua molhabilidade, apresenta elevada capacidade de difusão e infiltração no substrato dentinário, sendo, por isso, um promotor excelente da adesão (Nakaoki, Nikaido, Pereira, Inokoshi, & Tagami, 2000; Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007; K. L. Van Landuyt, Snauwaert, et al., 2008).

A resina adesiva, ou *bonding*, é formada, maioritariamente, por monómeros hidrofóbicos que penetram nos espaços interfibrilares onde copolimerizam com os monómeros do *primer* e selam os túbulos dentinários, originando prolongamentos resinosos (*resin tags*). Na parte mais externa, a resina adesiva vai estabelecer fortes ligações com a resina composta (Vinagre, 2014). Para facilitar a penetração da resina adesiva na estrutura dentária esta pode conter monómeros hidrofílicos como o monómero HEMA. No entanto, como a presença de monómeros hidrofílicos aumenta muito a permeabilidade da camada híbrida, estes têm vindo a ser substituídos por monómeros com carácter hidrofóbico, como é o caso do TEGMA e do UDMA, que apresentam maior massa molecular e maior viscosidade quando comparados ao HEMA (Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007; K. L. Van Landuyt, Snauwaert, et al., 2008).

Ainda fazem parte da composição dos sistemas adesivos outros constituintes como, por exemplo, estabilizadores e foto-iniciadores de polimerização (Kirsten L. Van Landuyt et al., 2007).

2.2. Adesão ao esmalte

No esmalte, o condicionamento ácido remove da sua superfície quer a *smear layer* quer uma fina película de esmalte correspondente a 5-10 micrómetros, ficando expostos cristais de hidroxiapatite (HAp) do esmalte (Perdigão, Swift, Walter, 2013). Esta desmineralização transforma a superfície lisa do esmalte numa superfície rugosa que passa a apresentar microporosidades que facilitam a impregnação do adesivo, na medida em que os monómeros do adesivo conseguem aderir e infiltrar-se com maior facilidade nessas porosidades, formando prolongamentos resinosos - *resin tags* - após reação de polimerização (Jorge Perdigão, 2007; Perdigão, Swift, Walter, 2013; Sezinando, 2014).

Assim, no esmalte, a interação dos adesivos dentários é um processo que ocorre por ligação mecânica, resultando da infiltração de monómeros de resina nas microporosidades criadas na sua superfície pelo condicionamento ácido e posterior envolvimento dos cristais de HAp expostos com os monómeros polimerizados nessas porosidades (Marshall et al., 2010; Sabatini & Pashley, 2014; K. Yoshihara et al., 2018).

2.3. Adesão à dentina

A adesão à dentina resulta da infiltração de monómeros de resina na sua superfície previamente condicionada por ácido cuja ação cria, neste substrato, microporosidades pela abertura dos túbulos dentinários. Portanto, o processo de adesão à dentina prende-se com a capacidade tanto do *primer* como do adesivo em penetrar na sua superfície (Anusavice et al., 2013; Perdigão, Swift, Walter, 2013).

Estes monómeros infiltrados, provenientes da resina adesiva, criam interligações micromecânicas com as fibras de colagénio expostas que, após polimerização, resulta numa mistura homogénea entre polímeros do adesivo e o substrato dentinário exposto, formando uma camada de interdifusão entre o adesivo e a dentina, designada camada híbrida, cuja espessura é de alguns micrómetros (Gateva, 2012; Pashley, 2013).

O mecanismo que engloba os processos de desmineralização da dentina, de infiltração e de polimerização dos monómeros naquele substrato, e dele resulta a camada híbrida, foi designado “hibridização” por Nakabayashi. Portanto, a camada híbrida resulta da copolimerização das extensões formadas pela resina com os monómeros do *primer* e com as fibras de colagénio expostas (Nakabayashi, Kojima, & Masuhara, 1982; Gateva, 2012; Pashley, 2013).

A formação da camada híbrida representa o mecanismo de adesão primário dos adesivos mais recentes. No entanto, acredita-se que seja apenas um pré-requisito para o sucesso da adesão clínica, pois, como se verá mais à frente, a interação química adicional que ocorre entre monómeros funcionais e componentes do substrato dentinário é atualmente a teoria mais aceita pela comunidade científica, para justificar a adesão à dentina (K. Yoshihara et al., 2018).

Enquanto o processo de adesão ao esmalte já garante uma adesão que se revela estável e previsível, tal não acontece com a dentina. Este distinto comportamento resulta das diferentes características histológicas apresentadas por aqueles dois substratos dentários. O esmalte é caracterizado por ser um substrato composto essencialmente por cristais inorgânicos, bem organizados em prismas, apresentado, por isso, uma morfologia uniforme. Já a dentina, apresenta-se como um substrato heterogêneo, com uma forte componente orgânica e húmido o que torna o processo de adesão neste substrato muito mais complexo. Outra característica do substrato dentinário que não favorece o processo de adesão é que à medida que a cavidade se aproxima mais da polpa há um aumento da densidade de túbulos e do diâmetro desses, diminuindo assim a quantidade de dentina intertubular, é nesta dentina que se encontram as fibras de colagénio que posteriormente se ligariam à resina, ficando assim a resistência de união comprometida (Coelho et al., 2012; Sabatini & Pashley, 2014; K. Yoshihara et al., 2018).

Portanto, por a dentina ser um substrato menos mineralizado e mais heterogêneo do que o esmalte requer uma metodologia diferente da aplicada neste. De facto, o condicionamento ácido da dentina revela-se uma técnica mais sensível e de resultado mais imprevisível, traduzindo-se num menor grau de adesão do que o que ocorre no esmalte (Gateva, 2012; Pashley, 2013).

Aquando do condicionamento ácido da superfície da dentina, ocorre desmineralização (remoção de cristais de hidroxiapatite) numa extensão de alguns micrómetros, expondo-se uma extensa rede de fibras de colagénio obtendo-se, assim, uma superfície pouco favorável à aplicação da resina adesiva, uma vez que passa a apresentar uma baixa energia de superfície e molhabilidade. As fibras de colagénio expostas poderão contrair e, conseqüentemente, colapsar se ocorrer uma secagem excessiva da dentina (Dalli et al., 2013). De forma a evitar o colapso destas fibras e conseqüente formação de uma camada impermeável que impediria a infiltração da resina, a superfície da dentina não pode ficar demasiado desidratada, ao contrário da superfície do esmalte que se deve

apresentar totalmente seca. Esta técnica de deixar a dentina húmida - conceito de *wet bonding* - foi introduzida por Kanca, em 1992. Contudo, também não se pode deixar a superfície da dentina excessivamente húmida, sob pena de se diluírem os monómeros do adesivo e, assim, comprometer a adesão (Coelho et al., 2012; Von Fraunhofer, 2012; Anusavice et al., 2013; Jorge Perdigão, Reis, & Loguercio, 2013; Perdigão, Swift, Walter, 2013).

3. Sistemas adesivos e sua classificação

A evolução que se tem verificado nas estratégias adesivas amelodentinárias quer em termos da sua composição, quer do modo de atuação e de aplicação, deu origem a uma grande diversidade de sistemas adesivos. Esta proliferação de sistemas, em prol de um entendimento claro no seio dos profissionais de dentisteria, tornou necessário a classificação dos mesmos (Coelho et al., 2012; Tjäderhane et al., 2013).

A classificação dos sistemas adesivos que melhor os caracteriza cientificamente, e por isso com maior aceitação, foi proposta por Van Meerbeek e colaboradores em 2003. Esta baseia-se na forma de atuação dos adesivos sobre a *smear layer* e no número de passos clínicos que a sua aplicação requer (Coelho et al., 2012).

Assim, consoante a atuação sobre a *smear layer* o sistema adesivo classifica-se em *etch-and-rinse* - condicionar e lavar - e em *self-etch* - autocondicionante. No primeiro, ocorre a remoção total da *smear layer* através do condicionamento ácido seguido de lavagem, enquanto no segundo, ocorre a dissolução da *smear layer* seguido da sua incorporação na interface adesiva (Peumans et al., 2005; Jorge Perdigão, 2010).

Quanto ao número de passos clínicos associados à técnica adesiva, nos sistemas *etch-and-rinse* pode ser de três ou de dois passos enquanto nos sistemas *self-etch* pode ser de dois ou de um passo.

A Figura 2 esquematiza as diferentes estratégias adesivas, de acordo com os critérios referidos.

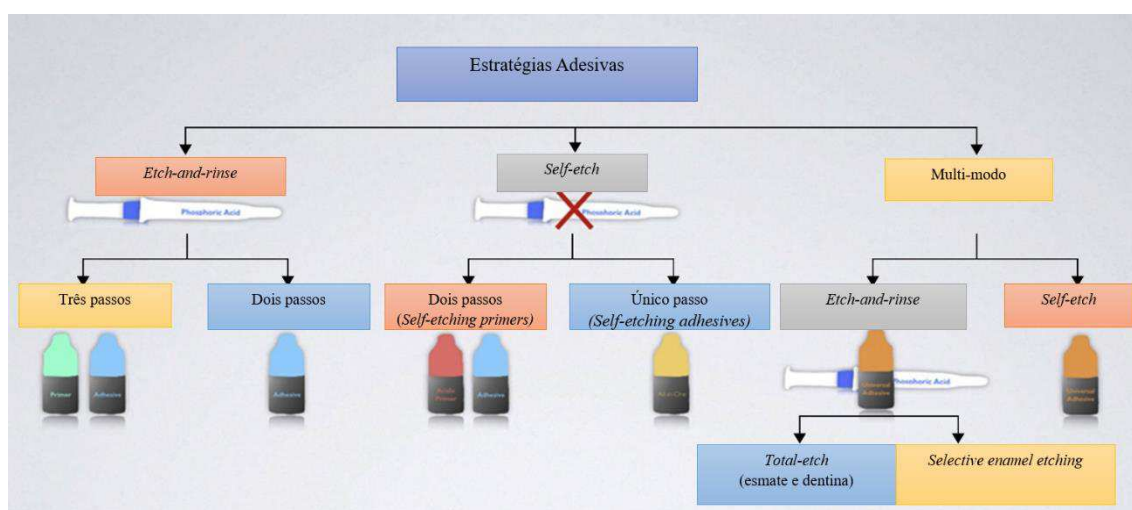


Figura 2 - Classificação das diversas estratégias adesivas (Adaptado de Sezinando, 2014).

3.1. Sistemas *etch-and-rinse*

A técnica adesiva *etch-and-rinse* caracteriza-se por a *smear layer* e os cristais de HAp mais superficiais do esmalte e da dentina serem totalmente removidos por ação do ácido. Nesta técnica, é efetuado o condicionamento do substrato dentário com ácido ortofosfórico entre 30 a 40% seguido de lavagem (Jorge Perdigão, 2007; Rodrigues, Oliveira, Chasqueira, Portugal, & Arantes-Oliveira, 2015).

Esta técnica adesiva começou por ser aplicada numa sequência de três passos. O primeiro passo consiste no condicionamento ácido, seguido de lavagem e secagem, o que conduz à remoção da *smear layer*, à desmineralização da camada mais superficial do esmalte e da dentina e, no caso desta última, à exposição de fibras de colagénio. No segundo passo aplica-se o *primer*, o que conduz à diminuição da tensão superficial e aumento da energia de superfície na dentina, no esmalte este passo é dispensado uma vez que o condicionamento ácido neste, aumenta a energia de superfície. O terceiro passo consiste na aplicação de resina adesiva fluida cujos monómeros se irão infiltrar nas microporosidades formadas pelo condicionamento ácido e, no caso da dentina, preencher os espaços entre as fibras de colagénio expostas e selar a abertura dos túbulos dentinários (Albaladejo, Osorio, Toledano, & Ferrari, 2010; Baygin, Korkmaz, & Arslan, 2012).

Alguns estudos revelaram que a técnica adesiva *etch-and-rinse* de três passos apresenta uma adesão de elevada resistência, contudo, o elevado número de passos propicia a ocorrência de erros por parte do clínico. Assim, com o intuito de tornar esta técnica adesiva mais simples, foram introduzidos os sistemas *etch-and-rinse* de dois passos, juntando o *primer* e a resina adesiva numa única solução (Bart Van Meerbeek et al., 2003; Jorge Perdigão, 2007; Rodrigues et al., 2015).

Nos sistemas *etch-and-rinse* de dois passos, o primeiro passo consiste, tal como no de três passos, no condicionamento com ácido ortofosfórico, seguido de lavagem e secagem. No segundo passo, aplica-se uma única solução, que funciona como *primer* e resina adesiva (*bonding*). Esta solução contém moléculas cujos grupos hidrofílicos permitem a sua infiltração no substrato hidratado e os grupos hidrofóbicos proporcionam, posteriormente, a sua ligação aos monómeros adesivos das resinas compostas (Coelho et al., 2012; Perdigão, Swift, Walter, 2013; Perdigão et al., 2013).

Quando a técnica adesiva *etch-and-rinse* começou a ser utilizada, defendia-se uma secagem total da superfície da dentina, tal como se procede com o esmalte, mas hoje em

dia defende-se o conceito de *wet bonding*, isto é, deixar a superfície da dentina húmida para evitar o colapso das fibras de colagénio e favorecer a intervenção do *primer*. A aplicação do *primer* vai permitir que ocorra uma adequada infiltração dos monómeros da resina adesiva no substrato dentinário, pois a solução do *primer* apresenta monómeros hidrofilicos, que se infiltram no substrato hidratado, e monómeros hidrofóbicos que permitem a sua posterior ligação com os monómeros presentes na resina adesiva (Perdigão, Swift, Walter, 2013; Perdigão et al., 2013).

Na **Figura 1** Figura 3 ilustra-se o processo de adesão da resina à dentina na técnica adesiva *etch-and-rinse* de dois passos.

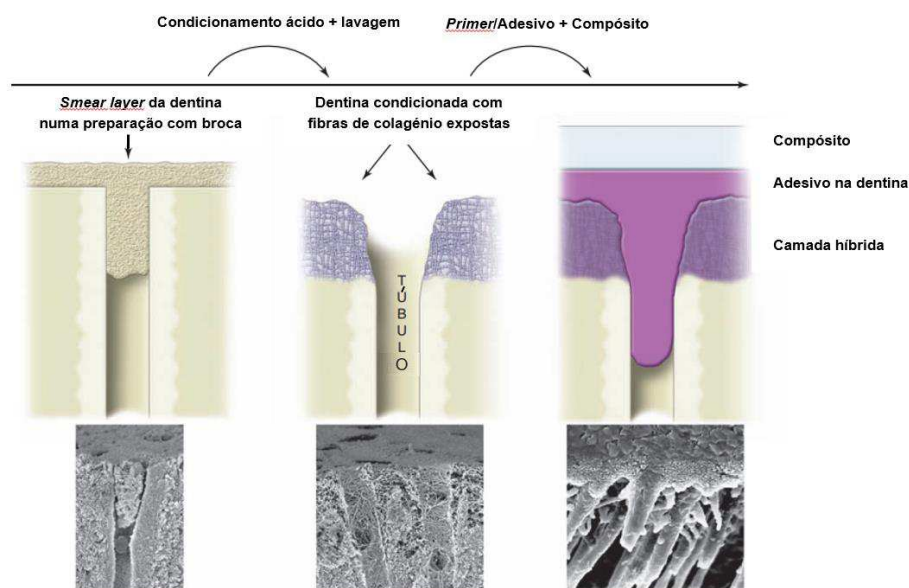


Figura 3 - Adesão da resina à dentina utilizando a técnica adesiva *etch-and-rinse* (Adaptado de Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, 2013)

3.2. Sistemas *self-etch*

Com o intuito de simplificar a implementação das estratégias adesivas *etch-and-rinse*, reduzindo o tempo de aplicação, foi desenvolvida uma estratégia alternativa: sistema adesivo autocondicionante ou *self-etch* (Coelho et al., 2012; Jorge Perdigão, 2007; Rodrigues et al., 2015).

Estes sistemas adesivos autocondicionantes caracterizam-se por conterem monómeros acídicos o que dispensa a aplicação do ácido em separado. Assim, esta estratégia adesiva possibilita, por um lado, que a desmineralização do substrato e a infiltração do adesivo no substrato ocorram em simultâneo e, por outro, que a *smear layer* seja incorporada na interface adesiva (Jorge Perdigão, 2007; Rodrigues et al., 2015). Desta forma, minimiza-se, quer o risco de uma desmineralização excessiva e, consequentemente, de uma possível sensibilidade pós-operatória, quer a probabilidade de erro do operador pela redução de etapas (não existência de lavagem do ácido e secagem) (Cardoso et al., 2011; Beltrami, Chiesa, Scribante, Allegretti, & Poggio, 2016).

A redução do número de etapas clínicas reduz, por seu lado, a sensibilidade desta técnica adesiva, tornando o grau de hidratação dos substratos após o condicionamento ácido um aspeto menos crucial neste procedimento adesivo (Bart Van Meerbeek et al., 2003; Jorge Perdigão, 2007; Coelho et al., 2012).

Para que os monómeros acídicos possam desenvolver a sua atividade condicionante, estes têm de ser ionizados, sendo esta a razão da presença de água na composição dos sistemas adesivos *self-etch*. A presença de água torna, por um lado estes sistemas adesivos menos sensíveis à humidade da superfície dentária comparativamente aos sistemas *etch-and-rinse*, mas por outro lado, torna a interface adesiva mais suscetível à degradação hidrolítica (Sezinando, 2014; Chen et al., 2015).

Pelo facto de os monómeros acídicos hidrofílicos tornarem os sistemas adesivos *self-etch* mais permissivos à presença de água na superfície dos substratos dentários, estes sistemas adesivos são os eleitos para aplicação no tecido dentinário (Coelho et al., 2012; Beltrami et al., 2016). No entanto, a eficácia destes monómeros acídicos no esmalte é inferior à que se verifica quando se recorre ao condicionamento com ácido ortofosfórico, traduzindo-se numa fraca adesão ao esmalte (Takamizawa et al., 2016). Para ultrapassar esta limitação, antes da aplicação do adesivo *self-etch* no esmalte e na dentina, o esmalte deve ser pré-condicionado seguido de lavagem (Beltrami et al., 2016).

Os sistemas adesivos *self-etch* classificam-se com base na acidez do *primer*, isto é, na capacidade de condicionamento, em: “forte” ($pH \leq 1$) em que a desmineralização é profunda tanto no esmalte como na dentina; “moderado” ($1 < pH < 2$) cujo potencial desmineralizante é de 1 a 2 micrómetros; “suave” ($pH \approx 2$) em que ocorre desmineralização numa espessura ligeiramente inferior a 1 micrómetro; “ultra suave” ($pH > 2,5$) em que o potencial de desmineralização é apenas da ordem dos nanómetros (De Munck et al., 2005; Jorge Perdigão, 2007; Sezinando, 2014).

No esmalte, o autocondicionante “forte” apresenta um desempenho razoável a nível da adesão (J. Perdigão, Lopes, & Gomes, 2008), enquanto um autocondicionante “suave” apresenta uma baixa eficácia, sendo, por isso, necessário um condicionamento prévio com ácido ortofosfórico (Lo Giudice et al., 2016).

Na dentina, o autocondicionante “forte” dissolve quase toda a *smear layer*, mas como não há lavagem, não ocorre remoção dos fosfatos de cálcio dissolvidos que apresentam baixa estabilidade hidrolítica e uma interação química pouco estável com o colagénio exposto, comprometendo, assim, a longo prazo a integridade entre as faces adesivas (B. Van Meerbeek et al., 2011).

No autocondicionante “moderado”, aplicado na dentina, observa-se, na camada híbrida formada, um padrão que transita, gradualmente, entre características de condicionamento “forte” e de “suave”, apresentando uma camada com a parte superior desmineralizada e a base parcialmente desmineralizada (B. Van Meerbeek et al., 2011).

O autocondicionante “suave”, por sua vez, remove parcialmente a *smear layer*, formando uma camada híbrida mais estreita. Apresenta a vantagem de deixar uma quantidade significativa de cristais de hidroxiapatite ao redor das fibras de colagénio que poderão vir a estabelecer ligação química com os grupos carboxílicos e fosfatados dos monómeros funcionais (Sezinando, 2014).

O autocondicionante “ultra-suave” expõe apenas superficialmente as fibras de colagénio da dentina, formando-se uma zona de interação muito estreita - zona nanométrica (Koshiro, Sidhu, Inoue, Ikeda, & Sano, 2006).

A espessura da *smear layer* dos sistemas adesivos autocondicionantes pode fornecer informação sobre o potencial condicionante desses sistemas. Quanto menor o pH mais mineralização ocorre e, por isso, mais espessa se torna, no entanto, ainda não é unanime uma correlação com a capacidade adesiva (Giannini et al., 2015).

Segundo A. Coelho et al, 2012, em função do número de passos de aplicação clínica e do valor do pH, os sistemas adesivos *self-etch* podem ser classificados em:

- *Self-etching primers*: sistemas adesivos de dois passos, em que num primeiro passo o condicionamento ácido e a aplicação do *primer* são efetuados simultaneamente, através de uma única solução, seguindo-se, num segundo passo, a aplicação da resina adesiva. Os adesivos deste tipo tendem a ser menos acidificados com pH entre 1 e 2,5.
- *Self-etching adhesives*: sistemas adesivos de um passo, em que o *primer* ácido e a resina adesiva apresentam-se na mesma solução, sendo o pH inferior a 1.

3.3. Sistemas Multimodo

Os sistemas adesivos multimodo constituem uma nova geração de sistemas adesivos que têm vindo a ser cada vez mais utilizados por permitirem maior versatilidade na adaptação à situação clínica (Wagner et al., 2014).

Estes sistemas caracterizam-se por conterem todos os seus componentes numa única solução na qual o *primer* ácido e a resina adesiva estão presentes. A designação multimodo deve-se à versatilidade com que podem ser aplicados quer pela técnica *etch-and-rinse* (de dois passos); como *self-etch* (de um passo) ou na forma de *selective enamel etch* (Jorge Perdigão & Swift, 2015; Beltrami et al., 2016; Saikaew et al., 2016).

Assim, estes novos sistemas adesivos no esmalte proporcionam as vantagens dos sistemas *etch-and-rinse*, por permitirem a sua aplicação pela técnica *selective enamel etching*, e na dentina as vantagens dos sistemas *self-etch*. Contudo, para terem a capacidade de atuar como sistemas *self-etch*, estes sistemas possuem na sua composição um elevado teor de água, para permitir a ionização dos monómeros ácidos, o que favorece, como já referido, a degradação da interface adesiva (Jorge Perdigão & Swift, 2015).

Os adesivos do sistema multimodo apresentam na sua composição monómeros de fosfato e/ou carboxilato específicos, como o 10-MDP (10-metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato), que lhes proporcionam a capacidade de adesão química à dentina, sendo, por isso, responsável pela formação de uma interface dentina-resina mais estável e duradoura (Jorge Perdigão & Loguercio, 2014; Sezinando, 2014; Rodrigues, Oliveira, Chasqueira, Portugal, & Arantes-Oliveira, 2015). De facto, estudos recentes revelaram que o monómero funcional 10-MDP possui um elevado potencial de ligação química à

hidroxiapatite da dentina, que se traduz numa menor solubilidade em água, o que associado às suas características hidrofóbicas torna a interface adesiva bastante resistente à biodegradação (Meharry, Moazzami, & Li, 2013; Alex, 2015; Jorge Perdigão & Swift, 2015).

O monómero 10-MDP é um monómero funcional anfipático, pois apresenta um grupo terminal metacrilato hidrofóbico, com capacidade de se ligar quimicamente aos materiais restauradores e cimentos (grupo polimerizável), e apresenta um grupo terminal fosfato hidrofílico (grupo funcional ácido), com potencial de ligação química aos substratos dentários pela interação intensa que estabelece com os íons cálcio da hidroxiapatite (Fukeyawa et al., 2006; Y. Yoshida et al., 2004; Alex, 2015).

4. Influência do monómero GPDM na eficácia adesiva

A integridade das restaurações adesivas está relacionada com a degradação da camada híbrida associada à estratégia adesiva adotada. O processo degradativo da camada híbrida, que se pode manifestar quer a longo prazo quer a curto prazo, deve-se a vários fatores como a hidrólise das fibras de colagénio, devido à absorção de água, ou a degradação dos monómeros de resina (B. Van Meerbeek et al., 2010; Tjäderhane et al., 2013).

Apesar das inúmeras pesquisas que têm sido efetuadas para aumentar a longevidade das interfaces adesivas, ainda nenhuma técnica adesiva se revelou totalmente eficaz na resistência à degradação enzimática e hidrolítica (B. Van Meerbeek et al., 2010).

Vários estudos realizados sobre interfaces adesivas revelaram que o sistema *etch-and-rinse*, apesar de ser uma técnica muito sensível, com a consequência de ocorrer *over-etching*, é a técnica adesiva com melhor desempenho, quer a médio quer a longo prazo. No entanto, o facto de os sistemas adesivos *self-etch* apresentarem vantagens como a não exposição dos túbulos dentinários, uma menor sensibilidade pós-operatória e menor tempo de aplicação, torna-os clinicamente mais atrativos (Van Meerbeek et al., 2005; Reis & Loguercio, 2009; Sarr et al., 2010). No caso dos sistemas *self-etch* esses estudos revelaram que a qualidade da interface adesiva depende do tipo de monómeros adesivos e do grau de acidez, que determinam o nível de infiltração do *primer* e adesivo (A. O. Carvalho et al., 2016).

Para aumentar a adesão no substrato dentina têm sido propostos vários procedimentos clínicos: recurso à técnica *Ethanol wet-bonding*, aumento do período de tempo de aplicação de adesivo, uso de ar quente para acelerar a evaporação dos solventes, recurso a inibidores de enzimas proteolíticas, utilização de monómeros que promovam a ligação às fibras de colagénio e esfregar o adesivo pela superfície aquando da sua aplicação (Tjäderhane et al., 2013). Na técnica *Ethanol wet-bonding* após o condicionamento, o etanol possibilita a desidratação química da matriz dentinária. Esta desidratação ocorre devido à contracção fibrilar colagénica, provocada pelo etanol, reduzindo os espaços interfibrilares e, por sua vez, uma diminuição da hidrofília presente na matriz colagénica (Tjäderhane et al., 2013). O etanol contribui ainda para o aumento da molhabilidade da superfície (Li, Liu, Zhang, Kang, & Chen, 2012). Estudos realizados em 2016 por Carvalho e seus colaboradores avaliaram o efeito na interface adesiva da

aplicação de monómeros hidrofóbicos imediatamente a seguir à aplicação do *primer* de Optibond FL - sistema adesivo *etch-and-rinse* de três passos. Estes monómeros hidrofóbicos reduzem a hidrofília do *primer* já infiltrado na dentina garantindo um elevado grau de conversão dos monómeros na interface resina-dentina, garantido, assim, uma redução da taxa de degradação hidrolítica e, conseqüentemente, o aumento da integridade da interface adesiva (A. O. Carvalho et al., 2016).

O sistema adesivo Clearfil SE Bond 2 (Kuraray, Noritake Dental, Japan) de dois passos possui um adesivo que inclui partículas de carga que lhe permite a formação de uma camada híbrida mais espessa e mais flexível, o que proporciona maior capacidade de absorção das tensões geradas entre a resina composta e a dentina (Bart Van Meerbeek et al., 2005). Com o objetivo de aprimorar as propriedades mecânicas dos adesivos, os fabricantes acrescentam na sua composição partículas inorgânicas que reduzem a contração de polimerização do material resinoso (Creeth et al., 2017). A inserção de partículas de carga também aumenta a resistência à tensão e à compressão, reduzindo a absorção de água e promovendo melhorias na resistência adesiva do material (Demarco, 2010; Pallesen, 2014). Desta forma, a zona de transição entre a dentina e a resina composta adquire maior elasticidade, o que reduz a possibilidade de formação de fendas e defeitos na zona de interdifusão de resina e dentina (Alonso, Sinhoreti, Correr Sobrinho, Consani, & Goes, 2004).

Os resultados dos trabalhos de investigação levados a cabo por Van Meerbeek e seus colaboradores revelaram ser possível usar um sistema *self-etch* como *etch-and-rinse* adicionando-lhe um passo prévio de condicionamento ácido. Portanto, também é plausível usar um sistema *etch-and-rinse* como *self-etch* eliminando-se o condicionamento como passo individual, desde que se recorra a um componente que se comporte como ácido, permitindo a desmineralização do substrato. Atualmente são comercializados vários *primers* com monómeros acídicos (*primers* acídicos), os quais são responsáveis pela desmineralização do substrato dentário, exposição dos túbulos dentinários e pela infiltração da resina adesiva (Giannini et al., 2015).

O Optibond FL possui na sua composição o monómero acídico GPDM (Glycerol Phosphate Dimethacrylate - glicerol fosfato dimetacrilato) que apresenta afinidade com a dentina uma vez que o seu grupo fosfato estabelece uma ligação ao cálcio presente na hidroxiapatite (Bahillo, Roig, Bortolotto, & Krejci, 2013). Este comportamento assemelha-se a uma adesão química como aquela que é estabelecida nos sistemas *self-*

etch que recorrem a monómeros funcionais, sendo, por isso, viável a sua aplicação sobre uma estratégia adesiva *self-etch* (Bahillo et al., 2013). Como o seu *primer* apresenta $pH=1,9$ é possível integrá-lo no nível das estratégias de autocondicionamento suave (*mild self-etch*) com $pH \approx 2$, como o Clearfil SE Bond 2 (Koshiro et al., 2006; B. Van Meerbeek et al., 2011).

Com estas características do Optibond FLTM (Kerr), espera-se que ocorra desmineralização dos tecidos e se estabeleça uma ligação química por parte do GPDM ao cálcio dos cristais de hidroxiapatite tornando, assim, possível um grau de adesão semelhante ao verificado no sistema Clearfil SETM bond 2, sem utilização prévia do ácido.

Neste contexto é pertinente estudar a forma como esta característica do Optibond FL se expressa e avaliar a viabilidade para aplicação clínica.

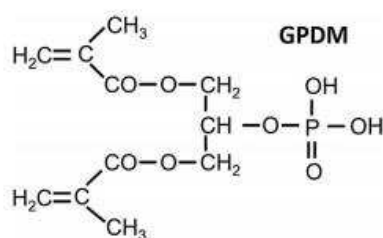


Figura 4 – Estrutura molecular do monómero GPDM (Adaptado de Yoshihara, 2018).

5. Microinfiltração das interfaces adesivas

5.1. Conceito, causas e consequências

A microinfiltração define-se como o processo de passagem, não detetável clinicamente, de fluidos, moléculas, iões e bactérias pela interface adesiva construída entre as paredes cavitárias e o material restaurador, sendo considerada a principal causa do aparecimento de lesões de cárie secundária, inflamação e necrose pulpar (Siso, Kustarci, & Göktolga, 2009).

O fenómeno da microinfiltração revela que a relação entre o substrato dentário e o material restaurador é dinâmica. Testes efetuados às restaurações evidenciam que as margens das restaurações não são totalmente fixas, inertes ou impermeáveis, antes pelo contrário, evidenciam a presença de microfendas dinâmicas, por onde circulam as referidas substâncias (Veronezi, 2000; Aquino, Sokolonski, Bezerra, & Mathias, 2016).

Sendo o objetivo principal das técnicas adesivas de restauração obter uma adesão perfeita entre o material restaurador e a superfície dentária, são vários os fatores que dificultam a sua concretização: as características do material restaurador, a fonte de polimerização utilizada, as características da cavidade - localização e configuração - (fator-C), a composição e estrutura dos substratos, os componentes de oclusão e a experiência e técnica do clínico (incumprimento das instruções do fabricante e/ou recurso a técnicas clínicas inconsistentes) (Owens, Johnson, Harris, Iii, & Multi-purpose, 2006; Dalli et al., 2013).

A durabilidade e eficácia das restaurações diretas estão intimamente relacionadas com o grau de selamento do ângulo cavossuperficial de preparos cavitários. Apesar dos avanços tecnológicos que se têm registado, quer nos materiais restauradores quer nas técnicas associadas à dentisteria adesiva, ainda persistem deficiências que não permitem um selamento perfeito da interface dente-restauração, o que se revela através da microinfiltração que a longo prazo ocorre em todas as restaurações (Owens et al., 2006; Perdigão et al., 2013). Por exemplo, os materiais restauradores à base de resina sofrem contração durante o processo de polimerização o que provoca a formação de gaps entre o material restaurador e as paredes cavitárias (Siso et al., 2009). Assim, continua a ser necessário investigar nesta área com o intuito de se aprimorarem as técnicas e os materiais restauradores, de forma concretizar-se o objetivo de minimizar a formação de fendas

marginais e, consequentemente, a microinfiltração (Owens et al., 2006; Perdigão et al., 2013).

A microinfiltração marginal, numa fase progressiva, pode ser detetada clinicamente através da alteração da pigmentação das margens da restauração, da afeção pulpar, da sensibilidade pós-operatória, de lesões de cárie secundária e até de perda da restauração (Chrysanti, Maria Goracci, 2007).

5.2. Avaliação da microinfiltração

Segundo a norma ISO 11405, 2015, a avaliação da microinfiltração marginal permite avaliar a eficácia de um material adesivo e a sua adesão com o esmalte e dentina.

A microinfiltração marginal pode ser avaliada recorrendo a diversos métodos, nomeadamente através da utilização de corantes, isótopos radioativos e bactérias (Kidd, 1976; Ab, 2012).

A técnica de penetração de corantes, por ser de implementação simples e de rápida execução, é a mais utilizada na avaliação da microinfiltração marginal *in vitro* (De Munck et al., 2005; Moosavi, Yazdi, Moghadam, & Soltani, 2013).

Esta técnica envolve a realização de uma restauração num dente previamente extraído, seguida da sua imersão numa solução de corante durante um período de duas a quatro horas (ISO 11405, 2015). Posteriormente, o dente é lavado e seccionado para avaliação (De Munck et al., 2005; Moosavi et al., 2013).

A avaliação da microinfiltração - da extensão da infiltração do corante em torno da restauração - é feita visualmente, com recurso a métodos de microscopia (De Munck et al., 2005). A principal desvantagem desta técnica deve-se ao facto de incorporar uma componente subjetiva, pois recorre a uma avaliação qualitativa ou semiquantitativa, caso seja aplicada uma escala não paramétrica, que é de difícil padronização e dependente do operador (De Munck et al., 2005; Moosavi et al., 2013).

Os corantes utilizados na execução desta técnica podem apresentar partículas de diferentes tamanhos e de diferentes afinidades para com os substratos, no entanto, estas diferenças não revelam influência significativa nos resultados do teste (De Munck et al., 2005; Moosavi et al., 2013).

II. OBJETIVO

Neste trabalho de investigação pretende avaliar-se a microinfiltração marginal das interfaces adesivas, no esmalte e na dentina, em restaurações diretas utilizando diferentes estratégias adesivas.

III. HIPÓTESES DE ESTUDO

As hipóteses de estudo para esta investigação são:

Hipótese Nula 1: Não existem diferenças significativas na microinfiltração das interfaces adesivas de diferentes estratégias adesivas, na dentina.

Hipótese Nula 2: Não existem diferenças significativas na microinfiltração das interfaces adesivas de diferentes estratégias adesivas, no esmalte.

Hipótese Alternativa₁: Existem diferenças significativas na microinfiltração das interfaces adesivas de diferentes estratégias adesivas, na dentina.

Hipótese Alternativa 2: Existem diferenças significativas na microinfiltração das interfaces adesivas de diferentes estratégias adesivas, no esmalte.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho de investigação teve a aprovação da Comissão de Ética do Instituto Universitário Egas Moniz (Anexo 1).

Toda a investigação foi realizada no Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz.

1. Método de seleção, limpeza e armazenamento dos dentes

Nesta investigação foram utilizados quarenta dentes hígidos - dentes nunca sujeitos a restaurações, fraturas ou lesões de cárie - extraídos há menos de seis meses, de forma a prevenir alterações nos tecidos dentários, por indicação terapêutica, os quais foram cedidos pelo Banco de Dentes Humanos da Clínica Dentária Egas Moniz.

Após a extração, cada dente foi submetido a um processo de limpeza através de uma cureta cirúrgica e água corrente, de forma a retirar todo o tecido mole envolvente. De seguida, os dentes foram sujeitos a um processo de desinfecção, sendo, para o efeito, imersos numa solução de cloramina T-trihidratada a 1% e nela mantidos durante uma semana. Posteriormente, de forma a manter a integridade dos dentes, estes foram mantidos em água destilada a uma temperatura de 4°C, tendo esta sido renovada a cada dois meses (ISO 11405,2015).

Ainda de acordo com as recomendações da norma ISO 1405, 2015, nas 12 horas que antecederam a intervenção do processo laboratorial, todos os dentes foram armazenados em água destilada a $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Tendo em conta as hipóteses em estudo, os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=10), sendo cada um sujeito à aplicação de uma determinada combinação sistema adesivo / estratégia adesiva, conforme ilustrado na Tabela 1.







Tabela 1 – Divisão dos grupos de acordo com o sistema adesivo / estratégia adesiva utilizada.

Grupo	Sistema Adesivo	Estratégia Adesiva
Grupo A	Optibond TM FL	<i>etch-and-rinse</i>
Grupo B	Optibond TM FL	sem aplicação prévia do ácido ortofosfórico (<i>self-etch</i> de dois passos)
Grupo C	Clearfil TM SE Bond 2	<i>self-etch</i>
Grupo D	Clearfil TM SE Bond 2	<i>selective enamel etching</i>

2. Materiais

Os materiais utilizados apresentam-se discriminados na Tabela 2.

Tabela 2 – Lista de materiais utilizados.

Material	Nome do produto	Composição	Fabricante/Lote	Imagem
Condicionador	Gel Etchant	Ácido ortofosfórico 37,5% $0,1 \leq pH \leq 0,4$	Kerr Corporation, Orange, CA, USA / Lot. 6617421 11-2020	
Sistema Adesivo	Optibond FL	<u>Primer</u> pH = 1,9 HEMA, GPDM, MMEP, água, álcool, conforoquinona (CQ), BHT <u>Adesivo</u> - Bis-GMA, HEMA, GDMA, CQ, ODMAB, 48 % partículas de carga inorgânica, ácido silícico pirogénico, aluminoborosilicato, fluorosilicato de sódio	Kerr Corporation, Orange, CA, USA <u>Primer</u> – Lot. 6663931 01-2020 <u>Adesivo</u> – Lot. 6631763 06-2019	
	Clearfil SE -Bond 2	<u>Primer</u> (pH ≈ 2) HEMA, 10-MDP, água, amina alifática hidrofílica, (CQ) e aceleradores. <u>Adesivo</u> - Bis-GMA, 2-HEMA, 10-MDP, amina alifática hidrofóbica, sílica coloidal, CQ, iniciadores e aceleradores.	Kuraray Noritake Dental Inc, Tokyo, Japan <u>Primer</u> – Lot. 7U0046 10-2019 <u>Adesivo</u> – Lot. 7V0069 11-2019	
Material restaurador	Resina composta Filtek™ Z250	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA, 60% zircônio/sílica	3M ESPE, Neuss, Alemanha Lot. N760810 02-2019	
Corante	Fucsina básica	Fucsina básica 0,5%		
Isolante	Verniz incolor		LA LUXE, Paris Lot. 280817.07.0181 68	

3. Métodos

3.1 Protocolo de preparação dos grupos

Tanto a preparação como a execução deste trabalho de investigação foram realizadas pelo mesmo operador.

Na preparação dos dentes de cada grupo efetuaram-se duas cavidades classe V de Black em cada dente, uma em vestibular e outra em lingual, cujas dimensões padronizadas foram 2 mm de profundidade, 3 mm de comprimento e 3 mm de largura, com parede oclusal em esmalte e parede cervical em dentina estendendo-se 0,5 mm abaixo da JAC (Anjum, Malik, & Sharma, 2017; I Tanboga et. al, 2017).

Todas as cavidades foram efetuadas com uma broca cilíndrica diamantada 014 (Figura 5) que a cada cinco utilizações foi substituída por uma nova de forma a não comprometer a eficácia do corte (ISO 11405, 2015; I Tanboga et. al, 2017). As medições das dimensões referidas foram efetuadas com régua endodôntica (Produits Dentaires S.A. SUISSE) (Figura 6) e sonda Williams graduada.



Figura 5 - Preparação de cavidade com broca cilíndrica diamantada 014.



Figura 6 – Medição da cavidade com régua endodôntica.

Após efetuadas as cavidades, procedeu-se à sua lavagem com água corrente durante 10 segundos. Posteriormente, e antes da aplicação do sistema adesivo, os excessos de água foram cuidadosamente removidos com jato de ar durante 15 segundos (Figura 7 e Figura 8).



Figura 7 - Lavagem das cavidades com água corrente.



Figura 8 – Remoção de excessos de água com jacto de ar.

As cavidades foram, posteriormente, sujeitas a um protocolo de preparação em função do sistema adesivo / estratégia adesiva utilizada em cada grupo.

Grupo A

Na Tabela 3 resume-se o protocolo de preparação do grupo A.

Tabela 3 – Protocolo de preparação do grupo A

Técnica *etch-and-rinse*, OPT FL

1. Aplicar o ácido ortofosfórico a 37% na dentina e no esmalte por 15 segundos. Lavar abundantemente com água durante 15 segundos. Secar com jatos de ar por alguns segundos sem desidratar a dentina.
 2. Aplicar o *primer* durante 15 segundos. Secar com suaves jatos de ar durante 5 segundos.
 3. Aplicar o adesivo no esmalte e na dentina por 15 segundos.
 4. Fotopolimerizar durante 20 segundos.
 5. Aplicar a resina composta.
 6. Fotopolimerizar durante 20 segundos.
 7. Aplicar uma camada de glicerina.
 8. Fotopolimerizar durante 40 segundos.
-

Grupo B

Na Tabela 4 resume-se o protocolo de preparação do grupo B.

Tabela 4 – Protocolo de preparação do grupo B.

Sem aplicação prévia do ácido ortofosfórico, OPT FL
1. Aplicar o <i>primer</i> , por 15 segundos. Secar com jatos de ar suaves durante 5 segundos. A superfície da dentina/ esmalte deverá apresentar uma aparência levemente lustrosa.
2. Aplicar o adesivo no esmalte e na dentina, por 15 segundos.
3. Fotopolimerizar durante 20 segundos.
4. Aplicar a resina composta.
5. Fotopolimerizar durante 20 segundos.
6. Aplicar uma camada de glicerina.
7. Fotopolimerizar durante 40 segundos.

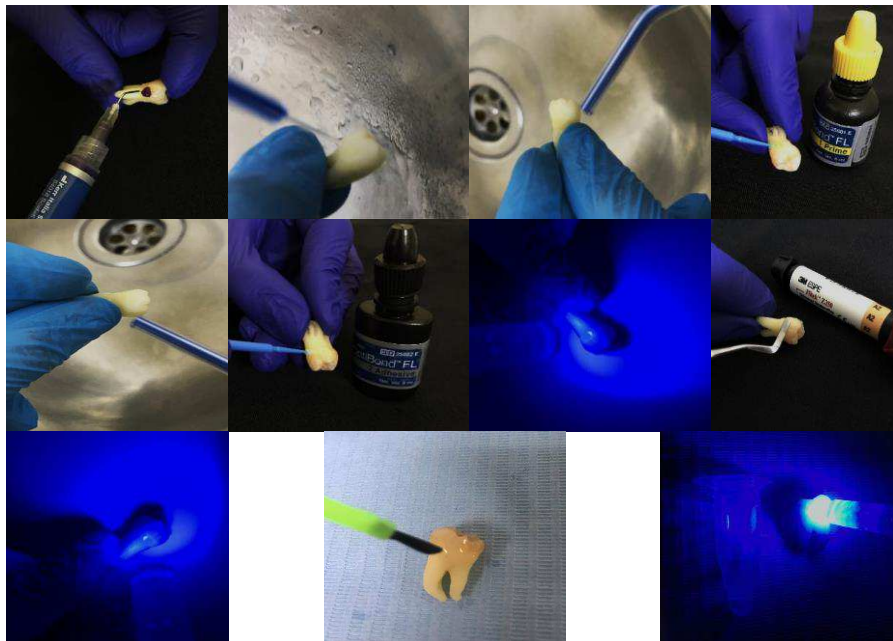


Figura 9 – Aplicação do sistema adesivo Optibond™ FL.

Grupo A- Ataque ácido (A); Lavar e secar (B+C); Aplicação do *primer* (D); Secagem do *primer* (E); Aplicação do adesivo (F); Fotopolimerização do adesivo (G); Aplicação de resina composta A2 (H); Fotopolimerização da resina (I); Aplicação de uma camada de glicerina (J); Fotopolimerização (K);

Grupo C

Na Tabela 5 resume-se o protocolo de preparação do grupo C.

Tabela 5 – Protocolo de preparação do grupo C

Técnica <i>self-etch</i>, CL
1. Aplicar o <i>primer</i> , por 20 segundos. Secar com jatos de ar suaves durante 5 segundos.
2. Aplicar o adesivo no esmalte e na dentina. Usar o jato de ar para uniformizar o adesivo na superfície.
3. Fotopolimerizar durante 10 segundos.
4. Aplicar a resina composta.
5. Fotopolimerizar durante 20 segundos.
6. Aplicar uma camada de glicerina.
7. Fotopolimerizar durante 40 segundos.

Grupo D

Na Tabela 6 resume-se o protocolo de preparação do grupo D.

Tabela 6 - Protocolo de preparação do grupo D

Técnica <i>selective enamel etching</i>, CL
1. Aplicar o ácido ortofosfórico a 37% no esmalte, 15 segundos. Lavar com água durante 15 segundos e secar com jatos de ar suaves durante 5 segundos.
2. Aplicar o <i>primer</i> no esmalte e na dentina por 20 segundos. Secar com jatos de ar suaves durante 5 segundos.
3. Aplicar o adesivo no esmalte e na dentina. Usar o jato de ar para uniformizar o adesivo na superfície.
4. Fotopolimerizar durante 10 segundos.
5. Aplicar a resina composta.
6. Fotopolimerizar durante 20 segundos.
7. Aplicar uma camada de glicerina.
8. Fotopolimerizar durante 40 segundos.

As cavidades de todos os dentes foram restauradas com resina composta Filtek™ Z250 (3M ESPE), com um único incremento de 2 mm.

O processo de fotopolimerização da resina composta e da resina adesiva foi efetuado recorrendo-se ao fotopolimerizador Optilux 501 (Kerr, Midleton, WI, EUA) com uma intensidade de 600 mW/cm^2 durante 20 segundos. Durante o processo de polimerização a respetiva intensidade foi controlada através de um radiómetro Optilux Radiometer (SDS Kerr, Orange, EUA) a cada 10 utilizações de forma a garantir-se uma intensidade adequada.

Seguiu-se o polimento de todas as restaurações com discos e borrachas de polimento acompanhado de água (Figura 10 e Figura 11).



Figura 10 – Polimento com disco de polimento.



Figura 11 – Polimento com borracha de polimento.

Terminado o processo de restauração, as amostras foram imersas em água destilada a 37°C , ficando armazenadas na estufa Memmert INE 400 (Memmert, Alemanha), durante 24 horas (Figura 12) (ISO 11405, 2015).



Figura 12 - Estufa Memmert INE 400 (Memmert, Alemanha).

Posteriormente, todas as amostras, após secagem com seringa de ar, foram envernizadas com duas camadas de verniz de unhas (Figura x) (LA LUXE, Paris) deixando uma margem de 1 mm em torno das margens das restaurações. De seguida foram sujeitas à aplicação de solução de fucsina básica a 0,5% durante 3 horas (ISO 11405, 2015; I Tanboga et.al, 2017). Aplicação do verniz (LA LUXE, Paris) em torno das restaurações com 1mm de margem (Figura 13).



Figura 13 - Aplicação do verniz (LA LUXE, Paris) em torno das restaurações com 1mm de margem.

Procedeu-se, de seguida, ao corte longitudinal das amostras no sentido vestibulo-lingual, recorrendo ao micrómetro de tecidos duros Accutom-50 com refrigeração (Struers A/S, Ballerup, Dinamarca) (Figura 14, Figura 15e Figura 16).



Figura 14 - Micrómetro de tecidos duros Accutom-50 (Struers A/S, Ballerup, Dinamarca).



Figura 15 – Corte longitudinal no micrómetro de tecidos duros.



Figura 16 - Dentes cortados longitudinalmente.

Por fim, quantificou-se a microinfiltração marginal tanto na parede oclusal (esmalte) como na parede cervical (dentina) recorrendo ao método de penetração de corantes nos substratos dentários. Para o efeito, utilizou-se a lupa estereoscópica Leica MZ6 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha), e aplicaram-se os seguintes critérios conforme norma ISO 11405, 2015:

- 0 – Sem penetração do corante;
- 1 – Penetração do corante ao nível do esmalte;
- 2 – Penetração do corante ao nível da dentina, sem atingir a parede pulpar da restauração;
- 3 – Penetração do corante ao nível da dentina, atingindo a parede pulpar da restauração.

V. RESULTADOS

A observação da microinfiltração marginal efetuada através da lupa estereoscópica Leica MZ6 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha), com uma ampliação de 40x, encontra-se ilustrada nas figuras 17 e 18.



Figura 17 - Lupa estereoscópica Leica MZ6 (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha)

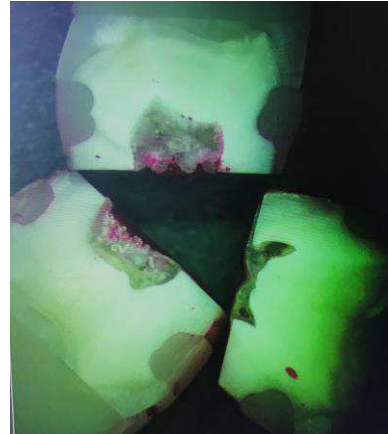


Figura 18 – Imagens obtidas a partir da lupa.

Nas tabelas 7, 8, 9, 10 apresentam-se os resultados de microinfiltração marginal das restaurações, efetuado às 24 h, correspondentes a cada grupo de estudo.

Tabela 7 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo A.

Nº Dente	Nº Restauração	Tipo de parede	Grau de Microinfiltração
1	1	oclusal	0
		cervical	0
	2	oclusal	0
		cervical	0
2	3	oclusal	0
		cervical	0
	4	oclusal	0
		cervical	0
3	5	oclusal	0
		cervical	0
	6	oclusal	0
		cervical	0
4	7	oclusal	0
		cervical	0
	8	oclusal	0
		cervical	0
5	9	oclusal	0
		cervical	0
	10	oclusal	0
		cervical	0
6	11	oclusal	0
		cervical	0
	12	oclusal	0
		cervical	0
7	13	oclusal	0
		cervical	0
	14	oclusal	0
		cervical	0
8	15	oclusal	0
		cervical	0
	16	oclusal	0
		cervical	0
9	17	oclusal	0
		cervical	0
	18	oclusal	0
		cervical	0
10	19	oclusal	0
		cervical	0
	20	oclusal	0
		cervical	0

Tabela 8 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo B.

Nº Dente	Nº Restauração	Tipo de parede	Grau de Microinfiltração
1	1	oclusal	1
		cervical	0
	2	oclusal	0
		cervical	0
2	3	oclusal	0
		cervical	0
	4	oclusal	0
		cervical	0
3	5	oclusal	0
		cervical	0
	6	oclusal	0
		cervical	0
4	7	oclusal	0
		cervical	0
	8	oclusal	0
		cervical	0
5	9	oclusal	0
		cervical	0
	10	oclusal	0
		cervical	0
6	11	oclusal	0
		cervical	0
	12	oclusal	1
		cervical	0
7	13	oclusal	0
		cervical	0
	14	oclusal	0
		cervical	0
8	15	oclusal	0
		cervical	0
	16	oclusal	0
		cervical	0
9	17	oclusal	0
		cervical	0
	18	oclusal	0
		cervical	0
10	19	oclusal	0
		cervical	0
	20	oclusal	1
		cervical	0

Tabela 9 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo C.

Nº Dente	Nº Restauração	Tipo de parede	Grau de Microinfiltração
1	1	oclusal	1
		cervical	0
	2	oclusal	1
		cervical	0
2	3	oclusal	0
		cervical	0
	4	oclusal	0
		cervical	0
3	5	oclusal	0
		cervical	0
	6	oclusal	0
		cervical	0
4	7	oclusal	0
		cervical	0
	8	oclusal	0
		cervical	0
5	9	oclusal	1
		cervical	0
	10	oclusal	0
		cervical	0
6	11	oclusal	0
		cervical	0
	12	oclusal	0
		cervical	0
7	13	oclusal	0
		cervical	0
	14	oclusal	0
		cervical	0
8	15	oclusal	0
		cervical	0
	16	oclusal	0
		cervical	0
9	17	oclusal	0
		cervical	0
	18	oclusal	0
		cervical	0
10	19	oclusal	0
		cervical	0
	20	oclusal	0
		cervical	0

Tabela 10 - Resultados do grau de microinfiltração do Grupo D.

Nº Dente	Nº Restauração	Tipo de parede	Grau de Microinfiltração
1	1	oclusal	0
		cervical	0
	2	oclusal	0
		cervical	0
2	3	oclusal	0
		cervical	0
	4	oclusal	0
		cervical	0
3	5	oclusal	0
		cervical	0
	6	oclusal	0
		cervical	0
4	7	oclusal	0
		cervical	0
	8	oclusal	0
		cervical	0
5	9	oclusal	0
		cervical	0
	10	oclusal	0
		cervical	0
6	11	oclusal	0
		cervical	0
	12	oclusal	0
		cervical	0
7	13	oclusal	0
		cervical	0
	14	oclusal	0
		cervical	0
8	15	oclusal	0
		cervical	0
	16	oclusal	0
		cervical	0
9	17	oclusal	0
		cervical	0
	18	oclusal	0
		cervical	0
10	19	oclusal	0
		cervical	0
	20	oclusal	0
		cervical	0

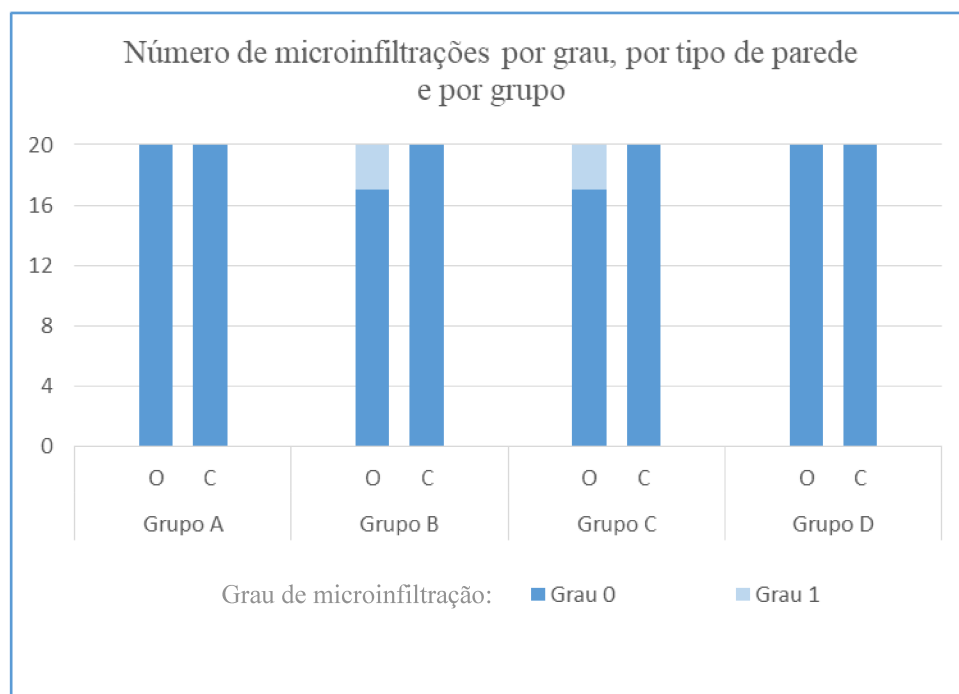
Nas tabelas 11 e 12 e no gráfico da figura 19 apresentam-se de forma resumida os resultados estatísticos do estudo.

Tabela 11 - Resultados do grau de infiltração nos diferentes grupos estudados na parede cervical.

		Grau de Microinfiltração	Total
		Sem penetração (Grau 0)	
A	Frequência	20	20
	% no Grupo	100,0%	100,0%
	% no Total	25,0%	25,0%
B	Frequência	20	20
	% no Grupo	100,0%	100,0%
	% no Total	25,0%	25,0%
C	Frequência	20	20
	% no Grupo	100,0%	100,0%
	% no Total	25,0%	25,0%
D	Frequência	20	20
	% no Grupo	100,0%	100,0%
	% no Total	25,0%	25,0%
Total	Frequência	80	80
	% no Total	100,0%	100,0%

Tabela 12 - Resultados do grau de infiltração nos diferentes grupos estudados na parede oclusal.

		Grau de Microinfiltração		Total
		Sem penetração (Grau 0)	Penetração ao nível do esmalte (Grau 1)	
A	Frequência	20	0	20
	% no Grupo	100,0%	0,0%	100,0%
	% no Total	25,0%	0,0%	25,0%
B	Frequência	17	3	20
	% no Grupo	85,0%	15,0%	100,0%
	% no Total	21,3%	3,8%	25,0%
C	Frequência	17	3	20
	% no Grupo	85,0%	15,0%	100,0%
	% no Total	21,3%	3,8%	25,0%
D	Frequência	20	0	20
	% no Grupo	100,0%	0,0%	100,0%
	% no Total	25,0%	0,0%	25,0%
Total	Frequência	74	6	80
	% no Total	92,5%	7,5%	100,0%

**Figura 19** – Gráfico representativo do grau de microinfiltração verificado nas paredes das restaurações dos vários grupos.

Em síntese, verifica-se que nos grupos em que se recorre à aplicação do ácido (Grupo A e Grupo D) a ocorrência de casos de microinfiltração nas restaurações são inferiores, não se tendo registado qualquer caso. Nos grupos em que apenas se recorre ao *primer* acídico (Grupo B e Grupo C) registaram-se apenas três casos de microinfiltração em cada grupo, sendo que estas foram ao nível da parede oclusal. Portanto, em qualquer um dos quatro grupos não ocorreu penetração do corante ao nível da dentina, na parede cervical.

1. Análise dos resultados

A análise dos resultados obtidos foi realizada com recurso ao programa IBM SPSS Statistics v.24, envolvendo metodologias de análise estatística descritiva e inferencial (teste de Mann-Whitney). Na análise inferencial foi estabelecido um nível de significância de 5%.

A escala de microinfiltração observada foi reduzida (pois foram registados apenas dois níveis, 0 e 1) e em dois dos grupos (A e D) o grau de microinfiltração foi constante (com valor zero). Ainda assim, para efeitos de avaliar estatisticamente a influência das estratégias e dos materiais utilizados no grau de microinfiltração marginal foi efetuada a comparação dos dois grupos em que foi verificada a existência de valores de grau de microinfiltração maiores do que zero (grupos B e C).

O resultado da comparação revelou que não existem diferenças significativas do grau de microinfiltração marginal entre os grupos B e C ($p = 1,00 > 0,05$, teste de Mann-Whitney).

Portanto, apesar de se ter verificado maior frequência de casos de microinfiltração nos grupos em que não se recorre à aplicação prévia de ácido, esta diferença não tem significado estatístico.

VI. DISCUSSÃO

A vasta aplicabilidade das restaurações adesivas tem suscitado várias investigações cujo intuito é obter materiais restauradores cada vez mais eficazes e adotar técnicas cada vez menos invasivas e eficazes (Walsh & Brostek, 2013).

Este trabalho de investigação enquadra-se nesse objetivo, incidindo sobre a avaliação da eficácia dos atuais sistemas adesivos, de forma a contribuir para a otimização dos procedimentos restauradores dos profissionais de dentisteria.

Em termos concretos, esta investigação tem por objetivo avaliar a microinfiltração marginal das interfaces adesivas, no esmalte e na dentina, em restaurações diretas classe V com o sistema adesivo Optibond FL, utilizando diferentes estratégias adesivas: *etch-and-rinse* (Optibond FL ER) e uma estratégia sem a utilização prévia do ácido, tendo-se usado como controlo o sistema Clearfill SE Bond 2.

Segundo Sarr et al., 2010, os sistemas adesivos utilizados nesta investigação - Optibond FL e Clearfil SE Bond 2 - são considerados os *gold standard* de cada uma das estratégias adesivas – *etch-and-rinse* e *self-etch*, respectivamente.

O sistema Optibond FL é usado como um sistema *etch-and-rinse* cujo *primer* contém o monómero GPDM que possui potencial para baixar o pH até 1,9 (Sarr et al., 2010, Bahillo et al., 2013; Jang, Lee, Woo, Lee, Yi, & Kim, 2016). O GPDM, monómero hidrofílico, contribui para a desmineralização da dentina e, ao infiltrar-se na dentina, contribui, também, para a posterior infiltração dos monómeros hidrofóbicos, nos túbulos dentinários, formando as *resin tags*. Desta forma, o monómero GPDM manifesta um efeito *self-etch* (Bahillo et al., 2013; Drobac et al., 2015).

Da análise estatística efetuada ao grau de microinfiltração marginal obtido neste estudo às 24 h, conclui-se não haver diferenças estatisticamente significativas entre os grupos B e C para ambos os substratos, pelo que se aceitam as duas hipóteses nulas, isto é, neste teste às 24 h não se verificam diferenças significativas na microinfiltração das interfaces adesivas resultantes de diferentes estratégias adesivas, no esmalte e na dentina.

Da pesquisa efetuada, constatou-se serem escassos os estudos que fazem uma análise à microinfiltração às 24 h e aqueles que o fazem é numa perspetiva de grupo de controlo em que as amostras não sofrem envelhecimento, sendo os dentes apenas mergulhados em água destilada por 24 horas. Esta situação dificulta uma comparação abrangente dos resultados obtidos com os de outros estudos. Assim, e tendo em conta que

o grau de microinfiltração depende de vários fatores, foram analisados, em termos comparativos, os resultados de estudos que, de alguma forma, se relacionam com a avaliação da microinfiltração em interfaces adesivas.

Dos fatores que podem afetar o grau de selamento de uma restauração destacam-se três. O primeiro é a contração de polimerização da resina composta que induz tensão na interface de ligação, o que pode, potencialmente, quebrar a ligação e facilitar a infiltração. O segundo é a natureza biológica do substrato, o que dificulta a adesão. O terceiro fator é a composição química do próprio adesivo, pois esta desempenha um papel fulcral na obtenção de uma ligação forte, durável e biologicamente compatível (Rosales-Leal, 2007; Bahillo et al., 2013; Drobac, Stojanac, Ramic, Premovic, & Petrovic, 2015).

Neste estudo verificou-se que nos grupos em que se recorre à aplicação do ácido (Grupo A - *etch-and-rinse* OFL e Grupo D - *selective enamel etching* CL) a ocorrência de casos de microinfiltração nas restaurações são inferiores, não se tendo registado qualquer caso. Nos grupos em que apenas se recorre ao *primer* ácido (Grupo B - sem aplicação prévia do ácido OFL e Grupo C - *self-etch* CL) registaram-se apenas três casos de microinfiltração em cada grupo, sendo que estas foram ao nível da parede oclusal, não se tendo registado microinfiltrações ao nível da dentina, na parede cervical.

No entanto, o facto de se ter verificado maior frequência de casos de microinfiltração nos grupos em que não se recorre à aplicação prévia de ácido, esta diferença não apresenta significado estatístico ($p = 1,00 > 0,05$).

Num estudo realizado por Bahillo e seus colaboradores (2013) foi avaliado o potencial ácido do *primer* do Optibond FL com o objetivo de comparar a eficácia da técnica segundo as instruções do fabricante com uma abordagem alternativa em que é eliminada a aplicação prévia do ácido ortofosfórico no esmalte e na dentina. Nesse estudo, em que as amostras foram sujeitas a intensa termociclagem e stress mecânico, a capacidade de retenção da restauração foi avaliada pela continuidade das suas margens. Os resultados obtidos apresentaram níveis de retenção semelhantes entre o grupo *etch-and-rinse* de três passos e o grupo sem aplicação prévia de ácido o que revela não haver diferenças significativas entre eles. Nesse estudo foram obtidas imagens de microscopia quer no esmalte quer na dentina. No esmalte, a melhor morfologia foi conseguida quando se usou o ácido. No caso da dentina, as imagens evidenciaram morfologia semelhante, no entanto, no grupo em que a superfície foi tratada apenas com *primer* Optibond FL

verificou-se uma menor abertura dos túbulos dentinários e alguns deles ainda estavam cobertos por *smear layer*. Assim, estes resultados sugerem uma menor agressividade do *primer* do Optibond FL (pH=1,9) do que a do ácido ortofosfórico 37,5% (pH entre 0,1 e 0,4) (Bahillo et al. 2013). Estes resultados, apesar de obtidos em condições diferentes, corroboram os obtidos no presente estudo.

Por outro lado, os resultados de um estudo efetuado por Rosales-Leal, 2007, em que o sistema adesivo *etch-and-rinse* usado não foi o *gold standard* de três passos, apontam para uma maior capacidade de selamento dentinário dos adesivos autocondicionantes face aos adesivos *etch-and-rinse*. Neste estudo foi avaliado o efeito da termociclagem na microinfiltração em restaurações classe V, comparando as técnicas adesivas *etch-and-rinse* e *self-etch*, usando como grupo de controlo as 24 h. Esses resultados revelam que o condicionar e infiltrar em simultâneo assegura um selamento mais eficaz da dentina e evita o problema da presença de água que os adesivos *etch-and-rinse* enfrentam após o condicionamento com o ácido ortofosfórico. Esta conjectura é apoiada pelo facto de a menor acidez do *primer* ácido promover um menor grau de abertura dos túbulos, o que torna o seu selamento mais fácil e justificaria uma menor infiltração quando se recorre a sistemas adesivos autocondicionantes. De facto, após o tratamento com ácido ortofosfórico ocorre uma desmineralização profunda que deixa a rede de colagénio exposta, os túbulos dentinários são abertos e o conteúdo de água é aumentado. Esta situação exige que os *primers* dos sistemas *etch-and-rinse* tenham que se infiltrar no colagénio exposto, substituir a água presente e selar os túbulos o que torna o selamento complicado. Portanto, este contexto histológico explica uma maior infiltração e permeabilidade quando se usam adesivos *etch-and-rinse*. Assim, este estudo de Rosales-Leal sugere que *primers* mais acídicos possam melhorar o selamento de restaurações com resina composta.

Apesar destas limitações apontadas aos sistemas adesivos *etch-and-rinse* (condicionamento excessivo da dentina e a dificuldade em definir o grau ideal de humidade que esta deve apresentar), os sistemas *etch-and-rinse* de três passos continuam a ser os que garantem uma adesão mais estável e eficaz, sendo, por isso, considerados o *gold standard* dos sistemas adesivos (Jorge Perdigão, 2007; Coelho et al., 2012; Rodrigues et al., 2015).

Estudos efetuados por De Munck, 2007, realizados em lesões classe V comprovaram que uma abordagem com o sistema adesivo Clearfil SE Bond 2 era a mais

eficaz na dentina. No entanto, no esmalte, a abordagem que se revelou mais eficaz foi com a técnica adesiva *selective enamel etching*. Segundo Van Meerbeek et al., 2010, ao proporcionar-se um condicionamento ácido no esmalte previamente aos *primers* ácidos, consegue-se obter uma melhor adaptação marginal, uma vez que os *primers* ácidos não desmineralizam tanto o esmalte. Estes resultados corroboram os obtidos no presente estudo, em que o Grupo D, sujeito à técnica *selective enamel etching* CL, apresentou menos casos de microinfiltração do que o Grupo C (Clearfil SE Bond 2).

Couto e seus colaboradores em 2016, analisaram a microinfiltração, embora em cavidades classe II, com sistemas adesivos autocondicionantes após armazenamento de um ano. Esse estudo revelou, com uma significância de $p=0,001$, que após um ano ocorreu um aumento significativo de microinfiltração nas restaurações submetidas à estratégia adesiva *self-etch* relativamente às sujeitas à estratégia *selective-enamel etching*. Nesse mesmo estudo, inferiu-se que o efeito do condicionamento adicional com ácido ortofosfórico a 37% no esmalte, após 24 horas de armazenamento, não foi estatisticamente significativo entre os grupos pois a microinfiltração marginal observada nos grupos foi mínima. Estes resultados corroboram os obtidos na presente investigação (Grupo C e Grupo D). Estes resultados podem ser justificados pelo curto período de armazenamento, pois os atuais sistemas adesivos têm capacidade para garantir uma adesão efetiva no curto-prazo.

Os resultados obtidos a um ano no estudo de Couto e seus colaboradores evidenciam que o condicionamento adicional com ácido ortofosfórico em esmalte confere menor microinfiltração em restaurações adesivas, quando se recorre a sistemas adesivos autocondicionantes. Estes resultados são corroborados pela literatura científica que afirma que os adesivos autocondicionantes, independentemente do valor do pH, não são tão agressivos na desmineralização do esmalte, por isso, a utilização do ácido ortofosfórico (pH, entre 0,1 e 0,4) antes do uso do sistema adesivo autocondicionante promove uma desmineralização mais intensa. Como resultado da dissolução dos cristais prismáticos do esmalte, criam-se microporosidades que serão infiltradas pela resina adesiva. Este efeito do ácido fortalece a união mecânica da restauração, promovendo um maior selamento, o qual evita novas cáries e a prematura degradação da interface dentária (Sezinando, 2014). No entanto, esta aplicação deve restringir-se ao esmalte, pois, na dentina, conduz à formação de uma camada híbrida mais vulnerável à nanoinfiltração (Van Landuyt, 2006). Neste estudo, esta recomendação foi seguida no Grupo D, em

oposição aos *etch-and-rinse* em que se aplica ácido na dentina, situação refletida no Grupo A. No entanto, os resultados não são por ela corroborados, só, eventualmente num estudo a longo prazo.

A opção pelo recurso ao Optibond FL, aproveitando o potencial efeito *self-etch*, pode, por um lado, reduzir a probabilidade de sobre-condicionamento da dentina e por outro, reduzir a irritação pulpar provocada pelo efeito inflamatório moderado do ácido ortofosfórico. A aplicação do ácido irá aumentar a permeabilidade da dentina permitindo a difusão dos monómeros adesivos em direção à polpa o que compromete a integridade da interface adesiva a longo prazo (Bahillo et al., 2013). Assim, a eliminação do passo de aplicação do ácido na dentina permitirá reduzir os efeitos nefastos supracitados e a sensibilidade da técnica que se traduzirá num menor *setting* de consulta (Bahillo et al., 2013; Carvalho et al., al., 2016). Desta forma, é pertinente explorar-se mais aprofundadamente esta técnica, para a tornar viável em termos clínicos.

Num estudo realizado por Yoshida e seus colaboradores em 2018 foi comparada a eficácia da interação química do monómero GPDM e do monómero 10-MDP com a HAp, o qual revelou existir um grande contraste entre aquelas interações. Nesse estudo foram comparados dois adesivos autocondicionantes, o Optibond XTR (Kerr), que contém o monómero GPDM na sua constituição, e o Clearfil SE Bond 2 (Kuraray, Japan) que apresenta o monómero 10-MDP. Este último revelou maior afinidade para os cristais de hidroxiapatite comparativamente ao GPDM. Este formava sais de GPDM-Ca pouco estáveis, solúveis em água e, por isso, eram removidos após lavagem com água destilada.

Segundo Yoshida, quando *primers* ou adesivos são aplicados na dentina já condicionada, monómeros altamente hidrofílicos e pequenos, como o HEMA, desempenham um papel importante no processo de hibridização hidratando e infiltrando efetivamente a superfície. O monómero hidrofílico GPDM pode atuar de forma semelhante ao HEMA, infiltrando-se na superfície dentinária desmineralizada. Assim, os excelentes resultados laboratoriais e clínicos relatados para o sistema adesivo *etch-and-rinse* de três passos contendo GPDM, Optibond FL (Kerr), poderão ser justificados, pelo menos em parte, pela eficiente infiltração do GPDM no colagénio exposto. Além disso, o GPDM pode criar uma rede polimérica melhor do que o HEMA e o 10-MDP, já que polimeriza de forma mais eficiente com outros co-monómeros, graças aos seus dois grupos de metacrilato.

A capacidade descalcificante do GPDM foi confirmada por imagens TEM (Transmission Electron Microscopy), pois as formulações resultantes da aplicação de *primers* com GPDM revelaram de forma evidente uma espessa camada híbrida com colagénio desmineralizado. No entanto, este não possui uma capacidade acídica suficientemente forte para criar uma adesão exclusivamente mecânica sendo, por isso, a vertente química a sua grande vantagem. Em contraste, as formulações resultantes de *primers* à base de 10-MDP não expôs o colagénio e originou nanocamadas de sais de MDP-Ca. Também se observou este contraste entre os adesivos comerciais Optibond XTR e o Clearfil SE Bond 2 (Kuraray Noritake) que continham, respetivamente, o monómero GPDM e o 10-MDP, como monómeros funcionais. Sabe-se que são muitos os fatores que influenciam a interação e a durabilidade nos substratos dentais, no entanto, a presença de dois grupos de metacrilato no GPDM, permite-lhe, teoricamente, formar uma matriz de resina mais forte em comparação com monómeros com um grupo mono-metacrilato, tal como MDP (Yoshihara et al., 2018).

Estes resultados do estudo de Yoshida são corroborados por um estudo anterior de Wang e seus colaboradores, 2017, sobre o efeito do monómero GPDM na dentina.

Apesar de no estudo de Yoshida, também relativo a 24 h, os resultados obtidos com GPDM terem sido melhores, justificados pela capacidade destes produzirem uma matriz de resina mais forte, os resultados do presente estudo não corroboram aqueles, uma vez que não se registaram diferenças significativas ao nível da microinfiltração. Ou seja, não se possuem dados que permitam correlacionar a microinfiltração com a qualidade da matriz proporcionada pelo GPDM. Eventualmente, num período mais longo poder-se-ia verificar uma correlação positiva entre ambas.

VII. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, com as devidas limitações associadas, permitem inferir que quando se recorre a um armazenamento de apenas 24 horas não existem diferenças significativas na microinfiltração marginal entre a estratégia *self-etch* do Clearfil SE Bond 2 e a estratégia sem utilização prévia de ácido do sistema Optibond FL. Daqui se infere que a eficácia adesiva nas diferentes estratégias adesivas é similar nas condições em que o estudo foi efetuado.

Adicionalmente, pode constatar-se que em situações de curtos períodos de armazenamento não faz sentido aferir a capacidade do monómero ácido GPDM em substituir o papel do ácido no esmalte. Já na dentina, devido à baixa capacidade desmineralizante do GPDM e à sua capacidade de infiltração num substrato húmido torna-se plausível sugerir a sua aplicação.

Neste estudo registaram-se, conforme esperado, menos casos de microinfiltração marginal na estratégia *gold standard* Optibond FL, no entanto a abordagem de evitar o condicionamento ácido prévio à sua aplicação (Grupo OPT SE) revelou resultados de microinfiltração *in vitro* semelhantes à estratégia *gold standard*.

Em suma, apesar de não se terem registado diferenças significativas, a proximidade entre os valores de pH do Optibond FL e do Clearafil SE Bond 2 torna plausível sugerir a aplicação da estratégia Optibond FL sem condicionamento ácido prévio na dentina para a atual prática clínica de forma a assegurar um menor *setting* de consulta e a reduzir a sensibilidade da técnica.

Sendo o grau de adesão entre a resina adesiva e o substrato dentário de extrema importância para a durabilidade da restauração, e sendo a interface de adesão uma área bastante vulnerável, é imperativo que se avaliem novas abordagens como a que se pretendeu avaliar neste trabalho. Assim, e tendo em conta as condições em que este estudo foi efetuado, este poderá ser considerado como um estudo piloto sobre microinfiltração para futuras investigações com o mesmo intuito deste, mas numa perspetiva de longo prazo e com uma amostra de dimensão superior.

Relevância Clínica

A adesão ao esmalte apresenta, desde há muito tempo, bons resultados contrariamente ao que se verifica na adesão à dentina. Assim, é fundamental investigar

novas estratégias que promovam uma melhor adesão a este substrato, sem que a adesão ao esmalte fique comprometida.

Na presente investigação os sistemas adesivos foram avaliados numa perspetiva de avaliar o seu desempenho *in vitro*. Apesar de os resultados terem revelado insignificância estatística, outros estudos anteriores que investigaram sobre a qualidade da interface adesiva constataram que quando se aplica o sistema Optibond FL como um sistema *self-etch* de dois passos, apresentam desempenhos semelhantes à exibida pelo *self-etch* de dois passos Clearfil SE Bond 2. Assim, estes resultados apelam, em termos clínicos, a uma reflexão sobre a não utilização prévia de ácido na dentina diminuindo, assim, o risco de *over-etching* e posterior sensibilidade pós-operatória.

A constante preocupação dos clínicos em reduzir o *setting* de consulta, tem-los orientado para uma procura de estratégias mais simples e ágeis, que passam pela redução do número de passos clínicos aquando do processo de adesão.

Perspetivas Futuras

De forma a consolidarem-se os resultados e as conclusões retiradas desta investigação, recomenda-se que em futuros trabalhos de investigação relativos à avaliação da microinfiltração:

- Se recorra a um processo de envelhecimento das restaurações;
- Se recorra a corantes com um tamanho de partículas diferente, de forma a avaliar a sensibilidade de soluções distintas;
- Se avalie o grau de microinfiltração do Optibond FL na técnica *self-etch* recorrendo a outros métodos de avaliação da microinfiltração;
- Se avalie a microinfiltração nos moldes deste estudo, mas em diferentes tipos de cavidade.
- Se avalie a influência de outros monómeros funcionais no processo adesivo à dentina e ao esmalte, sempre numa perspetiva de longo prazo;
- Se investigue maneiras de simplificar as estratégias adesivas atuais com a intenção de encontrar alguma que apresente bons resultados *in vitro* e que possa ter aplicabilidade clínica.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Ab, M. (2012). ENSAIO DE MICROINFILTRAÇÃO : REVISÃO DA LITERATURA MICROLEAKAGE TEST : A REVIEW, 24(2).
- Albaladejo, A., Osorio, R., Toledano, M., & Ferrari, M. (2010). Hybrid layers of etch-and-rinse versus self-etching adhesive systems. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 15(1), 112–118. <https://doi.org/10.4317/medoral.15.e112>
- Alex, G. (2015). Universal Adhesives: The Next Evolution in Adhesive Dentistry? *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, (January), 15–26. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Alonso, R. C. B., Sinhoreti, M. A. C., Correr Sobrinho, L., Consani, S., & Goes, M. F. De. (2004). Effect of resin liners on the microleakage of class V dental composite restorations. *Journal of Applied Oral Science : Revista FOB*, 12(1), 56–61. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572004000100011>
- Anjum, S., Malik, A., & Sharma, S. (2017). Evaluation of microleakage in class V restorations with three different adhesive systems. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(6), 497–500. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2072>
- Aquino, C., Sokolonski, A. R., Bezerra, R., & Mathias, P. (2016). ARTIGO ORIGINAL Microinfiltração marginal em restaurações classe V de resina composta , associada a adesivo com e sem carga, 348–353.
- Bahillo, J., Roig, M., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2013). Self-etching aspects of a three-step etch-and-rinse adhesive. *Clinical Oral Investigations*, 17(8), 1893–1900. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0878-y>
- Baygin, O., Korkmaz, F. M., & Arslan, I. (2012). Comparison of Activated Bleaching Effects of Various Laser Systems : An In vitro Study, 2(6), 2–4. <https://doi.org/10.4172/2161-1122.1000139>
- Beltrami, R., Chiesa, M., Scribante, A., Allegretti, J., & Poggio, C. (2016). Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 14(1), 0–0. <https://doi.org/10.5301/jabfm.5000261>
- Cardoso, M. V., De Almeida Neves, A., Mine, A., Coutinho, E., Van Landuyt, K., De Munck, J., & Van Meerbeek, B. (2011). Current aspects on bonding effectiveness

- and stability in adhesive dentistry. *Australian Dental Journal*, 56(SUPPL. 1), 31–44. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x>
- Carvalho, A. O., Bacelar-Sá, R., Wodevotzky, O., Ambrosano, G. M. B., Magne, P. C., & Giannini, M. (2016). Bond strength and micromorphology of resin-dentin interface of etch-and-rinse dentin bonding agents after 1-year of water storage. *Applied Adhesion Science*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40563-016-0073-5>
- Carvalho, R. M., Manso, A. P., Geraldeli, S., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2012). Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dental Materials*, 28(1), 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.09.011>
- Chen, C., Niu, L. N., Xie, H., Zhang, Z. Y., Zhou, L. Q., Jiao, K., ... Tay, F. R. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine-Old wine in new bottles? *Journal of Dentistry*, 43(5), 525–536. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.03.004>
- Chrysanti, Maria Goracci, C. (2007). Scientific Relevance of Micro - Leakage Studies. *Modern Dentistry Media*, 9(3), 64–74.
- Cobanoglu, N., Kara, E., Unlu, N., & Ozer, F. (2015). Bacterial microleakage of aged adhesive restorations. *European Journal of General Dentistry*, 4(1), 3. <https://doi.org/10.4103/2278-9626.149669>
- Coelho, A., Canta, J. P., Martins, J. N. R., Oliveira, S. A., & Marques, P. (2012). Perspetiva histórica e conceitos atuais dos sistemas adesivos amelodentinários - revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 53(1), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2011.11.008>
- Creeth, J. E., Karwal, R., Hara, A. T., Zero, D. T., Grosso, G., Godos, J., ... Vinagre, A. R. R. (2017). Avaliação clínica e laboratorial de diferentes sistemas adesivos em dentística restauradora. *Caries Research*, 37(1), 131–156. <https://doi.org/10.1159/000479823>
- Dalli, M., Atakul, F., Bahşi, E., Ince, B., Şahbaz, C., Çolak, H., ... Dallı, M. (2013). A comparison of the levels of microleakage of five adhesive systems. *@BULLET Journal of Restorative Dentistry*, 1(2), 66–71. <https://doi.org/10.4103/MPWK-0017.116038>
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth

- tissue: Methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118–132.
<https://doi.org/10.1177/154405910508400204>
- Donassollo, T., Lima, F., Rodrigues-junior, S., Coelho-de-Souza, F., & Demarco, F. (2010). Adesão aos substratos dentários e seus principais aspectos: uma revisão da literatura. *Stomatos*, 16(31), 55–68. Retrieved from <http://guaiaca.ufpel.edu.br/>
- Drobac, M., Stojanac, I., Ramic, B., Premovic, M., & Petrovic, L. (2015). Micromorphological characterization of adhesive interface of sound dentin and total-etch and self-etch adhesives. *Medicinski Pregled*, 68(1–2), 10–16.
<https://doi.org/10.2298/MPNS1502010D>
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Fraga Silva, M., & Ginjeira, A. (2011). Hipersensibilidade dentinária: Etiologia e prevenção. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 52(4), 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2011.09.002>
- Fukegawa, D., Hayakawa, S., Yoshida, Y., Suzuki, K., Osaka, A., & Van Meerbeek, B. (2006). Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, 85(10), 941–944.
<https://doi.org/10.1177/154405910608501014>
- Gateva, N. (2012). Hybrid Layer Thickness in Primary and Permanent Teeth – a Comparison Between Total Etch Adhesives. *Journal of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers)*, 18, 2(2012), 191–199.
<https://doi.org/10.5272/jimab.2012182.191>
- Giannini, M., Makishi, P., Almeida Ayres, A. P., Moreira Vermelho, P., Marin Fronza, B., Nikaido, T., & Tagami, J. (2015). Self-Etch Adhesive Systems: A Literature Review. *Brazilian Dental Journal*, 26(1), 3–10.
<https://doi.org/10.1590/0103-6440201302442>
- Gopikrishna, V. (2013). Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry: A South Asian Edition, (July 2013), 514.
- Kidd, E. A. M. (1976). Microleakage : a review. *Journal of Dentistry*, 4(5), 199–206.
[https://doi.org/10.1016/0300-5712\(76\)90048-8](https://doi.org/10.1016/0300-5712(76)90048-8)
- Koshiro, K., Sidhu, S. K., Inoue, S., Ikeda, T., & Sano, H. (2006). New concept of

- resin-dentin interfacial adhesion: The nanointeraction zone. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 77(2), 401–408.
<https://doi.org/10.1002/jbm.b.30450>
- Krawczyk-Stuss, M., Ostrowska, A., Łapińska, B., Nowak, J., & Bołtacz-Rzepkowska, E. (2015). Evaluation of Shear Bond Strength of the Composite to Biodentine with Different Adhesive Systems. *Dental and Medical Problems*, 52(4), 434–439.
<https://doi.org/10.17219/dmp/59498>
- Kunin, A. A., Evdokimova, A. Y., & Moiseeva, N. S. (2015). Age-related differences of tooth enamel morphochemistry in health and dental caries. *EPMA Journal*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13167-014-0025-8>
- Li, F., Liu, X.-Y., Zhang, L., Kang, J.-J., & Chen, J.-H. (2012). Ethanol-wet bonding technique may enhance the bonding performance of contemporary etch-and-rinse dental adhesives. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 14(2), 113–120.
<https://doi.org/10.3290/j.jad.a21853>
- Lo Giudice, G., Lo Giudice, R., Lizio, A., Pantaleo, G., Lipari, F., Simeone, M., ... Rengo, C. (2016). Effects of Pre-Etching in Class V Cavities Restored with Silorane and Methacrylate-Based Composites. *Dental and Medical Problems*, 53(3), 365–372. <https://doi.org/10.17219/dmp/62525>
- Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), 11–16.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>
- Mazzoni, A., Tjäderhane, L., Checchi, V., Di Lenarda, R., Salo, T., Tay, F. R., ... Breschi, L. (2015). Role of dentin MMPs in caries progression and bond stability. *Journal of Dental Research*, 94(2), 241–251.
<https://doi.org/10.1177/0022034514562833>
- Meharry, M., Moazzami, S., & Li, Y. (2013). Comparison of Enamel and Dentin Shear Bond Strengths of Current Dental Bonding Adhesives From Three Bond Generations. *Operative Dentistry*, 38(6), E237–E245. <https://doi.org/10.2341/12-521-L>
- Moosavi, H., Yazdi, F. M., Moghadam, F. V., & Soltani, S. (2013). Comparison of resin composite restorations microleakage: An in vitro study. *Open Journal of*

- Stomatology*, 03(02), 209–214. <https://doi.org/10.4236/ojst.2013.32036>
- Nakabayashi, N., Kojima, K., & Masuhara, E. (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research*, 16(3), 265–273. <https://doi.org/10.1002/jbm.820160307>
- Nakaoki, Y., Nikaido, T., Pereira, P. N. R., Inokoshi, S., & Tagami, J. (2000). Dimensional changes of demineralized dentin treated with HEMA primers. *Dental Materials*, 16(6), 441–446. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(00\)00042-7](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(00)00042-7)
- No Title. (2013).
- Owens, B. M., Johnson, W. W., Harris, E. F., Iii, X., & Multi-purpose, S. (2006). Marginal Permeability of Adhesive Systems, 60–67. <https://doi.org/10.2341/04-185>
- Pashley, D. H. (2013). How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? *Journal of Dentistry*, 41(SUPPL. 4), S49–S55. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(13\)70006-X](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(13)70006-X)
- Pashley, D. H., Tay, F. R., Breschi, L., Tjäderhane, L., Carvalho, R. M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.016>
- Perdigão, J. (2007). New Developments in Dental Adhesion. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 333–357. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.01.001>
- Perdigão, J. (2010). Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*, 26(2), 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.149>
- Perdigão, J., Geraldini, S., & Hodges, J. S. (2013). Total-etch versus self-etch adhesive: Effect on postoperative sensitivity. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(4), 284–285. <https://doi.org/10.1111/jerd.12045>
- Perdigão, J., & Loguercio, D. (2014). Universal or Multi-mode Adhesives : Why and How ? *Journal of Adhesive Dentistry*, 16(2), 193–194. <https://doi.org/10.2341/13-045-C.13.14.2.15.16.3.4.17.5.18>
- Perdigão, J., Lopes, M. M., & Gomes, G. (2008). *In Vitro* Bonding Performance of Self-etch Adhesives: II—Ultramorphological Evaluation. *Operative Dentistry*, 33(5),

534–549. <https://doi.org/10.2341/07-133>

- Perdigão, J., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2013). Dentin adhesion and MMPs: A comprehensive review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(4), 219–241. <https://doi.org/10.1111/jerd.12016>
- Perdigão, J., & Swift, E. J. (2015). Universal Adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(6), 331–334. <https://doi.org/10.1111/jerd.12185>
- Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, 21(9), 864–881. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.02.003>
- Reis, A., & Loguercio, A. D. (2009). A 36-month Clinical Evaluation of Ethanol/Water and Acetone-based Etch-and-Rinse Adhesives in Non-carious Cervical Lesions. *Operative Dentistry*, 34(4), 384–391. <https://doi.org/10.2341/08-117>
- Rodrigues, S., Oliveira, N., Chasqueira, F., Portugal, J., & Arantes-Oliveira, S. (2015). Permeabilidade dentinária e morfologia da interface adesiva de diferentes sistemas adesivos. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 56(1), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2015.01.001>
- Rosales-Leal, J. I. (2007). Microleakage of Class V composite restorations placed with etch-and-rinse and self-etching adhesives before and after thermocycling. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 9 Suppl 2, 255–259. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a12214>
- Sabatini, C., & Pashley, D. H. (2014). Mechanisms regulating the degradation of dentin matrices by endogenous dentin proteases and their role in dental adhesion. A review. *American Journal of Dentistry*, 27(4), 203–214.
- Sarr, M., Kane, A. W., Vreven, J., Mine, A., Van Landuyt, K. L., Peumans, M., ... De Munck, J. (2010). Microtensile Bond Strength and Interfacial Characterization of 11 Contemporary Adhesives Bonded to Bur-cut Dentin. *Operative Dentistry*, 35(1), 94–104. <https://doi.org/10.2341/09-076-L>
- Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive - A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 55(4), 194–206. <https://doi.org/10.1016/j.rpemd.2014.07.004>

- Siso, H. S., Kustarci, A., & Göktolga, E. G. (2009). Microleakage in Resin Composite Restorations After Antimicrobial Pre-treatments: Effect of KTP Laser, Chlorhexidine Gluconate and Clearfil Protect Bond. *Operative Dentistry*, 34(3), 321–327. <https://doi.org/10.2341/08-96>
- Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., Tsujimoto, A., Berry, T. P., Watanabe, H., Erickson, R. L., ... Miyazaki, M. (2016). Influence of different etching modes on bond strength and fatigue strength to dentin using universal adhesive systems. *Dental Materials*, 32(2), e9–e21. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.11.005>
- Tjäderhane, L., Nascimento, F. D., Breschi, L., Mazzoni, A., Tersariol, I. L. S., Geraldeli, S., ... Pashley, D. H. (2013). Optimizing dentin bond durability: Control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. *Dental Materials*, 29(1), 116–135. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.08.004>
- Van Dijken, J. W. V., & Pallesen, U. (2014). A randomized controlled three year evaluation of bulk-filled posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dental Materials*, 30(9), e245–e251. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.05.028>
- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., ... Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757–3785. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>
- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., Peumans, M., De Munck, J., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2008). The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dental Materials*, 24(10), 1412–1419. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.02.018>
- Van Landuyt, K. L., Yoshida, Y., Hirata, I., Snauwaert, J., De Munck, J., Okazaki, M., ... Van Meerbeek, B. (2008). Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *Journal of Dental Research*, 87(8), 757–761. <https://doi.org/10.1177/154405910808700804>
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., ... Vanherle, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28(3), 215–235.
- Van Meerbeek, B., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., &

- Peumans, M. (2005). A randomized controlled study evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dental Materials*, 21(4), 375–383.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.05.008>
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), 100–121.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.148>
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>
- Veronezi, M. C. (2000). Influência da ciclagem térmica e do método de avaliação na determinação da microinfiltração em restaurações de resina composta.
- Von Fraunhofer, J. A. (2012). Adhesion and cohesion. *International Journal of Dentistry*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/951324>
- Wagner, A., Wendler, M., Petschelt, A., Belli, R., & Lohbauer, U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *Journal of Dentistry*, 42(7), 800–807. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.04.012>
- Walsh, L. J., & Brostek, A. M. (2013). Minimum intervention dentistry principles and objectives. *Australian Dental Journal*, 58(SUPPL.1), 3–16.
<https://doi.org/10.1111/adj.12045>
- Yoshida, Y., & Inoue, S. (2012). Chemical analyses in dental adhesive technology. *Japanese Dental Science Review*, 48(2), 141–152.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2012.03.001>
- Yoshida, Y., Nagakane, K., Fukuda, R., Nakayama, Y., Okazaki, M., Shintani, H., ... Van Meerbeek, B. (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*, 83(6), 454–458.
<https://doi.org/10.1177/154405910408300604>
- Yoshihara, K., Hayakawa, S., Nagaoka, N., Okihara, T., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2018). Etching Efficacy of Self-Etching Functional Monomers. *Journal of Dental Research*, 2–5. <https://doi.org/10.1177/0022034518763606>

- Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Okihara, T., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2018). Chemical interaction of glycerophosphate dimethacrylate (GPDM) with hydroxyapatite and dentin. *Dental Materials*, 34(7), 1072–1081.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.04.003>

IX. ANEXOS

Autorização/Aprovação da Comissão Ética para execução do Estudo de Investigação

Comissão de Ética



Proc. Interno nº 622

Ex.ma Senhora
Catarina Isabel Amaral Mendes

Monte de Caparica, 28 de fevereiro de 2018.

Ex.ma Senhora,

Venho comunicar-lhe que o Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado **“Diferentes estratégias adesivas para o sistema adesivo Optibond FL – estudo microinfiltração”** foi aprovado por unanimidade.

Com os melhores cumprimentos,

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz


Prof.ª Doutora Maria Fernanda de Mesquita